

**INTER
ACCIÓN
2013**

**XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador
Celebrado en el Marco del CEDI 2013
17 – 20 de Septiembre de 2013
Madrid**

<http://www.aipo.es/interaccion2013>

ACTAS DEL XIV CONGRESO INTERNACIONAL DE INTERACCIÓN
PERSONA ORDENADOR (INTERACCIÓN 2013)

ISBN: 978-84-695-8352-4

EDITORES

**José Antonio Macías
Sandra Baldassarri
Jaime Urquiza**

CONGRESO PROMOVIDO POR



Asociación para la Interacción Persona-Ordenador (AIPO)
www.aipo.es

COLABORA



RedWhale Software
www.redwhale.com

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente del Congreso y Representante en el Comité Científico del CEDI

José Antonio Macías Universidad Autónoma de Madrid

Comité Asesor

Federico Botella Universidad Miguel Hernández de Elche
Pedro Latorre Universidad de Zaragoza
Oscar Pastor Universidad Politécnica de Valencia

COMITÉ CIENTÍFICO

Co-Presidentes del Comité de Programa

Sandra Baldassarri Universidad de Zaragoza
Jaime Urquiza Universidad Rey Juan Carlos

Miembros del Comité de Programa

Julio Abascal Universidad del País Vasco
Silvia T. Acuña Universidad Autónoma de Madrid
Xavier Alamán Universidad Autónoma de Madrid
Federico Botella Universidad Miguel Hernández de Elche
Crescencio Bravo Universidad de Castilla-La Mancha
José Cañas Universidad de Granada
Eva Cerezo Universidad de Zaragoza
Antonio Díaz Universidad de Málaga
Xavier Ferré Universidad Politécnica de Madrid
José A. Gallud Universidad de Castilla-La Mancha
Nestor Garay Universidad del País Vasco
Francisco García Universidad de Salamanca
Roberto García Universidad de Lleida
Xabiel García Universidad de Oviedo
José Luis Garrido Universidad de Granada
Miguel Gea Universidad de Granada
Rosa Gil Universidad de Lleida
José M. González Universidad de Sevilla

Pascual González	Universidad de Castilla-La Mancha
Toni Granollers	Universidad de Lleida
Francisco Gutiérrez	Universidad de Granada
Pablo Haya	Universidad Autónoma de Madrid
Isidoro Hernán	Universidad Rey Juan Carlos
Francisco Javier Jaén	Universidad Politécnica de Valencia
Pedro Latorre	Universidad de Zaragoza
Víctor López	Universidad de Castilla-La Mancha
Juan Miguel López	Universidad del País Vasco
M ^a Dolores Lozano	Universidad de Castilla-La Mancha
Cristina Manresa	Universidad de las Islas Baleares
Javier Marco	Universidad de Zaragoza
M ^a Carmen Marcos	Universidad Pompeu Fabra
Estefanía Martín	Universidad Rey Juan Carlos
Francisco Montero	Universidad de Castilla-La Mancha
Lourdes Moreno	Universidad Carlos III de Madrid
Roberto Moriyón	Universidad Autónoma de Madrid
Marta Oliva	Universidad de Lleida
Manvuel Ortega	Universidad de Castilla-La Mancha
José Ignacio Panach	Universidad Politécnica de Valencia
Maximiliano Paredes	Universidad Rey Juan Carlos
Óscar Pastor	Universidad de Valencia
Víctor Penichet	Universidad de Castilla-La Mancha
Antonio Peñalver	Universidad Miguel Hernández de Elche
Pere Ponsa	Universidad Politécnica de Cataluña
Miguel A. Redondo	Universidad de Castilla-La Mancha
Arcadio Reyes	Universidad de Málaga
Mireia Ribera	Universidad de Barcelona
Juan José Rodríguez	Bankinter
Montserrat Sendín	Universidad de Lleida
Ricardo Tesoriero	Universidad de Castilla-La Mancha
Ángel Velázquez	Universidad Rey Juan Carlos de Madrid

Miembros Internacionales del Comité de Programa

Ibrahim Albedawi	King Abdulaziz University, Arabia Saudi
Daniyal Alghazzawi	King Abdulaziz University, Arabia Saudi
Diana Arellano	Filmakad. Baden-Wuerttemberg, Alemania

Marcos Borges	Univers. Federal de Rio de Janeiro, Brasil
Silvia Castro	Universidad Nacional del Sur, Argentina
César Collazos	Universidad de Cauca, Colombia
Habib Fardoun	King Abdulaziz University, Arabia Saudi
Jesús Favela	CICESE, México
Eduardo Fernández	Universidad de la República, Uruguay
M ^a Paula González	CONICET, Argentina
Víctor González	ITAM, México
Olivier Heidmann	Universidad de Thessaly, Grecia
Bárbara Leporini	ISTI- CNR, Italia
Abdulfattah Mashat	King Abdulaziz University, Arabia Saudi
Antonio José Mendes	Universidad de Coimbra, Portugal
Philippe Palanque	Universidad Paul Sabatier, Francia
Fabio Paternò	ISTI-CNR, Italia
Ángel Puerta	RedWhale Software, EE.UU.
Gustavo Rossi	Universidad N. de la Plata, Argentina
Cristian Rusu	Universidad Católica de Valparaíso, Chile
José Alfredo Sánchez	Univers. de las Américas Puebla, México
Christian Sturm	H.L. Univ. of Applied Sciences, Alemania
Jean Vanderdonckt	Universidad Católica de Lovaina, Bélgica
Gerrit Van der Veer	Universidad de Vrije, Países Bajos
Marco Winckler	Université Paul Sabatier, Francia
Diana Xu	University of Central Lancashire, Inglaterra
Joaquín Zepeda	Univers. Autónoma Metropolitana, México

PRESENTACIÓN

En la presente publicación se recogen los trabajos aceptados como ponencias, en cada una de sus modalidades, para el XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador (Interacción 2013), que se celebra del 17 al 20 de septiembre de 2013 en Madrid, dentro del marco del IV Congreso Español de Informática (CEDI 2013).

Interacción 2013 es un congreso internacional que tiene como principal objetivo promover y difundir los avances recientes en el área de la Interacción Persona-Ordenador, tanto a nivel académico como empresarial. En este simposio se presentan nuevas metodologías y herramientas para la creación y evaluación de interfaces de usuario, así como novedosos métodos y dispositivos de interacción con usuarios en los ámbitos industriales y experimentales.

La Asociación para la Interacción Persona-Ordenador (AIPO) lleva organizando este congreso desde el año 2000 (Granada), habiéndose celebrado durante sucesivas ediciones en Salamanca (2001), Leganés (2002), Vigo (2003), Lleida (2004), Granada (durante la celebración del CEDI 2005), Puertollano (2006), Zaragoza (durante la celebración del CEDI 2007), Albacete (2008), Barcelona (2009), Valencia (durante la celebración del CEDI 2010), Lisboa (2011), Elche (2012), y ahora, en su decimocuarta edición, en Madrid durante la celebración del CEDI 2013. Las actividades científicas de AIPO cuentan además con el apoyo del Capítulo Español en Interacción Persona-Ordenador de ACM-SIGCHI.

A través de las distintas ediciones, Interacción se ha consolidado como uno de los congresos nacionales más relevantes, siendo actualmente punto de referencia no sólo para la comunidad investigadora en Interacción Persona-Ordenador nacional, sino también para la internacional. A través de los distintos proyectos acometidos, Interacción, junto con AIPO, ha suscitado el interés de investigadores de los distintos campos (informática, telecomunicaciones, biblioteconomía, arte y diseño, psicología, sociología, etc.) que componen un área multidisciplinar como es la Interacción Persona-Ordenador.

En concreto en esta edición, este libro de actas refleja la evolución de la investigación en Interacción Persona-Ordenador, a través de trabajos de cooperación inter-universitarios y aportaciones de empresas del sector. De las 48 contribuciones recibidas se han aceptado a 21 en su categoría de envío, lo que supone una tasa de aceptación de 43,75%. En estas actas, los nuevos enfoques y paradigmas subyacentes son el reflejo de una disciplina cambiante y sujeta a los avances tecnológicos, como se demuestra por el creciente número de artículos que versan sobre educación, nuevos métodos de colaboración, la accesibilidad,

la usabilidad, el diseño centrado en el usuario y la evaluación de sistemas interactivos, por citar algunos campos.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los organizadores del CEDI, y entidades colaboradoras, la gestión realizada para la celebración y organización de Interacción 2013. Por otro lado, agradecemos a los grupos de investigación GHIA de la Universidad Autónoma de Madrid, GIGA de la Universidad de Zaragoza y LITE, de la Universidad Rey Juan Carlos, su implicación en el evento. También queremos agradecer y felicitar a los autores de las ponencias por su esfuerzo y dedicación en la elaboración de sus trabajos de investigación para la composición de estas actas.

Por último, queremos agradecer a los Miembros del Comité de Programa su trabajo de difusión e implicación en el evento, así como en las labores de revisión a todos los revisores y sub-revisores implicados, a saber: Julio Abascal, Santiago, R. Acuña, Silvia T. Acuña, Xavier Alamán, Diana Arellano, Sandra Baldassarri, Federico Botella, John W. Castro, Crescencio Bravo, José Cañas, Alejandro Catala, Silvia Castro, Eva Cerezo, Cesar A. Collazos, Antonio Diaz-Estrella, Habib M. Faurdoun, Eduardo Fernández, Xavier Ferré, José A. Gallud, Nestor Garay-Vitoria, Xabiel García, Francisco J. García, José L. Garrido, Miguel Gea, Rosa Gil, María P. González, Pascual González, Mariano González, Toni Granollers, Francisco L. Gutiérrez, Pablo A. Haya, Isidro Herman, Javier Jaén, Pedro Latorre, Maria D. Lozano, Juan M. López, Víctor López-Jaquero, José A. Macías, Cristina Manresa-Yee, Javier Marco, María C. Marcos, Estefanía Martín, Raúl Miñón, José A. Mocholi, Francisco Montero, Lourdes Moreno, Roberto Moriyón, Marta Oliva, Manuel Ortega, José I. Panach, Maximiliano Paredes, Oscar Pastor, Víctor Penichet, Antonio Peñalver, Pere Ponsa, Ángel Puerta, Miguel Redondo, Arcadio Reyes-Lecuona, Mireia Ribera, Juan J. Rodríguez, Luis Rojas, Cristian Rusu, Montserrat Sendín, Ricardo Tesoriero, Jaime Urquiza, J. Ángel Velázquez, Joaquín S. Zepeda.

José Antonio Macías

Sandra Baldassarri y Jaime Urquiza

*Presidente de Interacción 2013 y
Representante en el Comité Científico
del CEDI 2013*

*Co-Presidentes del Comité de
Programa de Interacción 2013*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Interacción, discapacidad, contexto y aspectos

Metodológicos

<i>Assisted navigation for 3D serious games training.</i> Sergio Moya, Dani Tost y Sergi Grau (L)	3
<i>Chats for all: A user survey to improve chats' interaction.</i> Rocío Calvo, Ana Iglesias y Lourdes Moreno (L)	11
<i>Mayores, redes sociales, y herramientas de comunicación y búsqueda en España: evaluación de la usabilidad.</i> Cinthia De Oleo Moreta y Luis Rodríguez Baena (C)	19
<i>Grado de afectación de las barreras de accesibilidad Web por usuarios con discapacidad intelectual.</i> Afra Pascual, Mireia Ribera y Toni Granollers (C)	23
<i>Actividades Educativas en Mesas Multicontacto para Alumnos con Discapacidad Intelectual.</i> Silvia Rosado, David Roldán, Estefanía Martín, Pablo A. Haya, Manuel García-Herranz, Alberto Sánchez-Alonso y María Luisa Berdud (C)	27
<i>Implementación de Iconos Hápticos para Mejorar la Experiencia de las Personas con Discapacidad Visual en el Uso de Smartphones.</i> Pedro M. Galdon, R. Ignacio Madrid, José L. López, Ernesto J. de La Rubia-Cuestas and Antonio Díaz-Estrella (C)	31
<i>CloudRehab: Plataforma para la TeleRehabilitación de Pacientes con Daño Cerebral.</i> Ángel Ruiz Zafra, Manuel Noguera, Kawtar Benghazi, José Luis Garrido, Alfonso Caracuel y Gustavo Cuberos (C)	35
<i>Análisis de la Accesibilidad Web de las Universidades Españolas: propuesta de un ranking.</i> Maypher Román Durán, José Luis Bernier Villamor y Ignacio Rojas (C)	39

<i>A Context-aware Model for QoE Analysis in Mobile Environments.</i> Pedro Mateo, Diego Sevilla Ruiz y Gregorio Martínez Pérez (C)	43
<i>Order effect y presencia de erratas en estudios de usuarios con eye tracking.</i> Mari-Carmen Marcos y Luz Rello (C)	47
<i>Interacción, enseñanza y aprendizaje</i>	
<i>Diseñando un juego educativo: La importancia de la historia y los personajes.</i> José Rafael López-Arcos, Natalia Padilla-Zea, Patricia Paderewski, Francisco Luis Gutiérrez y Ana Abad-Arranz (L)	53
<i>Co-StiCap: Sistema Basado en Interfaces de Usuario Distribuidas y Tangibles Para Mejorar las Capacidades Cognitivas en Niños con TDAH.</i> Elena de La Guía, María-Dolores Lozano y Víctor M. R. Penichet (L)	61
<i>EMODIANA: Un instrumento para la evaluación subjetiva de emociones en niños y niñas.</i> Carina González, Mariana Cairós y Vicente Navarro (C)	69
<i>Dispositivos de interacción para el desarrollo de interfaces</i>	
<i>Evaluación de la calidad interactiva en toolkits de desarrollo de aplicaciones tangibles.</i> Rosa Gil, Javier Marco, Jose Luis González, Eva Cerezo y Sandra Baldassarri (L)	75
<i>Creación de un visor de fotografías inmersivo basado en una interfaz de usuario natural.</i> Iván González y Ana Isabel Molina (L)	83
<i>Analizador de Señales Inerciales para Tracking de Pies y Manos.</i> Ernesto de La Rubia y Antonio Díaz-Estrella (C)	91
<i>E-reader y literatura científica electrónica. Encuesta de satisfacción a usuarios profesionales.</i> Carolina Navarro-Molina, Antonio Vidal-Infer, Adolfo Alonso-Arroyo, Juan-	95

Carlos Valderrama-Zurián y Rafael Aleixandre-Benavent (C)	
<i>GUI Generation from Wireframes.</i> Óscar Sánchez Ramón, Jesús García Molina, Jesús Sánchez Cuadrado y Jean Vanderdonckt (C)	99
<i>Usabilidad y diseño centrado en el usuario</i>	
<i>Keyboard-Card Menus: Faster Learning of Many Fast Commands.</i> Benjamin Berman y Juan Pablo Hourcade (L)	105
<i>Usability of Vision-Based Interfaces.</i> Cristina Manresa-Yee, Esperança Amengual y Pere Ponsa (L)	113
<i>The Application of Situation Awareness-Oriented Design to the Smart Grid Domain.</i> Rosa Romero-Gómez, Sara Tena, David Díez y Paloma Díaz (L)	119
<i>User-centered design for industrial designers.</i> Pere Ponsa, Kevin Garvin, Fernanda González, Raíssa Neves, Larissa Santos, Antoni Granollers y Ramón Vilanova (C)	127
<i>Towards Advanced Visual Representation of Human Affect for QoE Research.</i> Isabelle Hupont, Eva Cerezo, Sandra Baldassarri y Rafael Del-Hoyo (C)	131
<i>Propuesta de Actividades para el Desarrollo Centrado en el Usuario de Aplicaciones e-Government.</i> Esteban Sánchez Rivera y José Antonio Macías Iglesias (C)	135
<i>Aplicaciones de VoIP para móviles: propuesta de un instrumento de evaluación centrado en el usuario.</i> Roland Fernal, Laura Godoy, Albert Ribelles y Mari-Carmen Marcos (CP/EE)	139
<i>Viabilidad de la metodología de evaluación heurística adaptada e implementada mediante Open-HEREDEUX.</i> Lluçia Masip, Francisco Jurado, Toni Granollers, Marta Oliva, Teresa Trepàt y Carlos Lozano (CP/EE)	143

<i>Mejoras en accesibilidad software de la herramienta AVIP.</i>	147
Covadonga Rodrigo San Juan, Noé Vázquez González y Marta Vázquez González (CP/EE)	
<i>Colaboración y ubicuidad</i>	
<i>Experiencias en la especificación colaborativa de métodos de evaluación de usabilidad.</i> Andrés Solano, César Collazos, Toni Granollers y José Luis Arciniegas (C)	153
<i>Monitorización y Sincronización de Recursos Compartidos en Aplicaciones Móviles Colaborativas Soportadas por MANETs.</i> Gabriel Guerrero-Contreras, Kawtar Benghazi, José Luis Garrido, Carlos Rodríguez-Domínguez y Manuel Noguera (C)	157
<i>CopyFlyPaste: Copy&Paste Distribuido.</i> Pedro González Villanueva, Ricardo Tesoriero y José A. Gallud (C)	161
<i>Sesión de pósteres</i>	
<i>La Iluminación en el Diseño de la Navegación y las Interacciones en los Videojuegos Tridimensionales.</i> Marta Fernández, Simón Niedenthal y Manuel Armenteros (P)	167
<i>Modelo y Diseño de Interacción basado en Confianza para Espacios Inteligentes Orientados a la eSalud.</i> Mario Vega-Barbas y Miguel A. Valero (P)	169
<i>ACMUS (Accesible Music).</i> Mikel Ostiz Blanco, Alfredo Pina Calafi y Miriam Lizaso Azcárate (P)	171
<i>Dysegxia: un Juego Educativo para Niños con Dislexia.</i> Luz Rello, Clara Bayarri y Azuki Gòrriz (P)	173
<i>Plataforma social para el aprendizaje basado en vídeos creados por los estudiantes.</i> Jaime Urquiza, Jorge Castellanos, Isidoro Hernán, Estefanía Martín y Pablo A. Haya (P)	175

Interacción, Discapacidad, Contexto y Aspectos Metodológicos

<i>Assisted navigation for 3D serious games training.</i> Sergio Moya, Sergi Grau y Dani Tost (L)	3
Chats for all: A user survey to improve chats' interaction. Rocío Calvo, Ana Iglesias y Lourdes Moreno (L)	11
<i>Mayores, redes sociales, y herramientas de comunicación y búsqueda en España: evaluación de la usabilidad.</i> Cinthia De Oleo Moreta y Luis Rodríguez Baena (C)	19
<i>Grado de afectación de las barreras de accesibilidad Web por usuarios con discapacidad intelectual.</i> Afra Pascual, Mireia Ribera y Toni Granollers (C)	23
<i>Actividades Educativas en Mesas Multicontacto para Alumnos con Discapacidad Intelectual.</i> Silvia Rosado, David Roldán, Estefanía Martín, Pablo A. Haya, Manuel García-Herranz, Alberto Sánchez-Alonso y María Luisa Berdud (C)	27
<i>Implementación de Iconos Hápticos para Mejorar la Experiencia de las Personas con Discapacidad Visual en el Uso de Smartphones.</i> Pedro M. Galdón, R. Ignacio Madrid, José L. López, Ernesto J. de La Rubia-Cuestas y Antonio Díaz-Estrella (C)	31
<i>CloudRehab: Plataforma para la TeleRehabilitación de Pacientes con Daño Cerebral.</i> Ángel Ruiz Zafra, Manuel Noguera, Kawtar Benghazi, José Luis Garrido, Gustavo Cuberos y Alfonso Caracuel (C)	35
<i>Análisis de la Accesibilidad Web de las Universidades Españolas: propuesta de un ranking.</i> Maypher Román Durán, José Luis Bernier Villamor y Ignacio Rojas Ruiz (C)	39
<i>A Context-aware Model for QoE Analysis in Mobile Environments.</i> Pedro Mateo, Diego Sevilla Ruiz y Gregorio Martínez Pérez (C)	43
<i>Order effect y presencia de erratas en estudios de usuarios con eye tracking.</i> Mari-Carmen Marcos y Luz Rello (C)	47

Assisted navigation for 3D serious games training

Sergio Moya CREB-UPC
smoya@lsi.upc.edu

Sergio Grau CREB-UPC
sgrau@lsi.upc.edu

Dani Tost CREB-UPC
dani@lsi.upc.edu

ABSTRACT

Serious games in 3D virtual environments are becoming a popular tool for professional training activities as well as for rehabilitation. Navigation in 3D is recognized as one of the activity which is more difficult to master in this environments. In particular, elder users, less familiar with 3D games often do not know how to walk through these environments. They get puzzled without having been able to address the real purpose of the game. In this paper, we propose different enhancement methods to make navigation in 3D easier, and we describe the design and implementation of an automatic navigation mode, usable when navigation is needed to reach objects in the 3D world but is not a goal of the game by itself. We compare the results of an evaluation test of these different methods. We conclude that, for non-usual gamers, automatic navigation is the faster and preferred mode, whereas gamers prefer to control navigation themselves. For non-automatic navigation, the performance is better when the cursor is fixed in the view center point during locomotion. On the contrary, for still positions, a free cursor is preferable. Finally, restriction of the pitch angle in a solid angle that encompasses the objects related to the task is better than a free pitch angle rotation for still positions. During locomotion, fixing the pitch angle at the horizontal level enhances the navigation.

Categories and Subject Descriptors

H.4 [Information Systems Applications]: Miscellaneous;
D.2.8 [Software Engineering]: Metrics—*complexity measures, performance measures*

Keywords

Virtual Worlds, Navigation, Camera Control, Usability

1. INTRODUCTION

Two-dimensional and three-dimensional serious games are becoming a popular tool for learning [10], training profes-

sional activities [11], as well as for motor [14] and cognitive rehabilitation [5], and treatment of psychological disorders [9]. Three-dimensional virtual environments (VE) occupy a central role in leisure games and immersive virtual worlds. They provide a feeling of realism, of natural immersion that enforces players motivation. However, for “serious” applications, 3D games use is still limited, not only for technological and economical reasons, but because a wide range of users reject them [3]. The mappings between input actions and their effects in the 3D environment are not intuitive for non expert users. In particular, the interaction control for navigation and manipulation in 3D VEs requires motor and sensory skills that not all potential users have. Although this control can be acquired through training, it often causes users’ rejection from a start. Moreover, these maneuvering difficulties make games inaccessible for a large percentage of elderly or disabled persons [12].

Navigation is recognized as the most complex task in 3D VEs, specially for older users [18]. It consists of two components: way-finding and locomotion [22]. Way-finding refers to the process of finding the way to the target location. It requires people to determine where they are, where are the elements of the environment and how to get to a specific location. Locomotion is the process of moving from the initial position to the desired one. It requires mastering the input devices to control the camera in first-person games as well as the user’s avatar in third person approaches. Way-finding has early concentrated a major attention of researchers, who have developed different aids strategies for navigation in large VEs, such as electronic maps [7], 3D maps [23], and location-point aids [4]. However, locomotion and camera control have been traditionally relegated to a technological question that can be mastered through training [6].

Many serious games consist of following procedures involving objects manipulation. They happen in small VEs, composed of a few scenarios where way-finding is simple. For instance, medical games occur in a relatively small surgical room, or cook training games in a kitchen. In these games, users need locomotion to reach objects, but locomotion is not a goal of the game by itself. In this case, locomotion interferes with the foreseen development of the activity. It can hinder it, delay it, and even make it impossible.

In this paper, we focus on first-person navigation in small VEs, and we address the problems of locomotion. We have implemented a navigation mode based on keyboard and mouse input, rather standard in most leisure and serious video-games. On the basis on the observation of user’s behav-

ior when navigating through the environment, we have proposed different enhancements of this basic mode. We have also designed and implemented an automatic navigation model that relieves users of the task of navigation while keeping the benefits of manipulation in 3D. In order to evaluate users' performance with these different modes, we have designed and implemented a test application. We present an analysis of these results.

2. PREVIOUS WORK

2.1 Leisure games

Most 3D leisure games such as World of Warcraft or Assassins Creeds allow both first and third person navigation. They provide walking metaphor-based cameras [19] and well as flying modes. Camera control is provided through the use of the arrows or ASW keys to go forward, rewind and go sideways and of the mouse movement to rotate the yaw and pitch camera orientation. In addition, they can be driven through the use of other input devices, joysticks, for instance. A specially challenging problem is the computation of the camera position in third person games, in which the camera tracks the user's avatar. In this case, it is necessary to avoid collisions of the camera that may produce disturbing occlusions of parts of the environment [17]. Mastering navigation in a 3D leisure game requires a specific training, which is part of the challenge of playing, but can be discouraging when training or rehabilitation and not leisure are the purpose of the game.

Some web-based escape games, use a set of 2D images of the environment from different perspectives. They are actually 2D, but since they offer users the possibility of changing the view, they give the illusion of 3D. In these games, all the active objects visible in a view are selectable, thus users do not need to navigate to reach an object, only to select a suitable view. This approach has the advantage of removing the technological barrier of navigation, but it gives a low sensation of immersion.

In immersive virtual environments with haptic devices, navigation can be even more complex because it can involve real user motion. In those case, *Go-Go* technique [20], that dynamically expands the user's hand reach is often applied. In this case, camera movement is not needed, only camera orientation.

2.2 Automatic camera control

Automatic Camera control has been largely addressed by the computer graphics community [6] in order to compute automatically the best camera placement for the exploration of virtual environments [1] and for the visualization and animation of scientific data [2]. For leisure games, as mentioned above, camera control is given to users as part of the game. Thus, automatic camera placement is mostly provided at the beginning of the game or at the transition between scenarios. The camera placement must preserve the continuity of the game-play, while providing the best view of the environment. Path planning is also applied in games to compute non-players character trajectories [13]. However, in this case, focus is put on optimizing paths and avoiding collisions, not on the camera orientation. An extensive survey of navigation techniques can be found in [15].

Two main approaches for automatic camera control have been proposed: reactive and indirect methods. Reactive

methods apply autonomous robotics strategies to drive the camera from one point to the other through the shortest possible path, avoiding obstacles. They apply to the camera the navigation models that are used for the animation of autonomous non-player characters [21]. Indirect approaches translate users needs into constraints on the camera parameters, which they intend to solve [8].

3. THE PROPOSED METHOD

We propose a set of mechanism to help users navigating from a first-person perspective to reach the objects involved in the task realization. We address the different stages of a navigation from the start point to the selection of the target object: initial target search, path finding, locomotion and final reorientation to point onto the object. These four stages can be classified into two situations: the user's avatar stays still (initial target search and final reorientation, plus eventual pauses during locomotion) or the avatar travels within the environment.

3.1 Basic navigation

The *basic mode* of navigation is the classical first person four degrees of freedom walking metaphor. The camera control is done by mapping the mouse movement to specify the yaw and pitch angle in order to control the camera orientation, and the keyboard to start and stop motion in the view direction. The pitch angle is restricted within a parameterized range to allow looking at the floor and ceiling, but it forbids complete turns. The movement has constant speed except for a short acceleration at its beginning and deceleration at its end. This system has the advantage that the camera can be controlled with only two types of input (mouse movement and one key), thus it is simple to learn for non-expert users. Additional keys can be enabled for trained users to add other features such as recoil and lateral motion.

3.2 Camera orientation

As mentioned in the previous section, users control the camera orientation using the mouse. We analyze two different ways of doing it: having the cursor always fixed in the center of the view (*centered-cursor*), and leaving the cursor free inside the current view (*free-cursor*). In the first approach, when a user moves the mouse, the view changes applying yaw and pitch rotations and keeping the cursor in the center of the view. Therefore, users are only able to select the objects that are in the center of the view. Involuntary movements of the cursor yield to a camera reorientation. In the second approach, users can move the cursor freely without moving the camera. Thus, they can select any object in the view, be it centered or not. To change camera orientation, users move the cursor towards the border of the view.

In the *basic mode*, where the pitch angle is only restricted in the range $[-50, 50]$, we have observed that non-expert have difficulties in controlling pitch rotation, and because of that, they often get disoriented. We have proposed the *goal-restricted mode* that limits the pitch camera orientation depending on the positions of interactable objects. Specifically, we compute the solid angle defined by the camera position and the objects with which the user can interact. We restrict pitch to this solid angle, clipped in the range $[-50, 50]$, but extended to the horizontal direction. Thus,

when interactable objects are on the floor, the pitch angle will be at most $[-50, 0]$.

Camera orientation is even more complex during navigation. Non-expert users find it more difficult due to the combination with camera motion. We have observed that they tend to make exaggerate movements, and they often focus at the floor or at the ceiling while walking, because they have difficulties in recovering the horizontal position. Therefore, we have also tested the option of disabling the pitch rotations during the navigation, keeping pitch angle to zero, looking at front (*fixed-pitch mode*).

3.3 Automatic navigation

In the *automatic navigation*, users indicate where they want to go, and they are automatically driven there. This way, the focus is put on the destination and not on the path towards it. Therefore, navigation is decoupled from the training objectives of the serious game.

This strategy can be implemented in two ways: by computing only the final camera position, or by calculating all the camera path towards this position. In the first case, the transition from one view to the next is very abrupt. Therefore, we reserve it for the transition between one scenario to the other. In this work, we focus on the second mode. We compute all the camera path and orientation. This gives users a sensation of continuity within the environment.

To indicate the target's location, users click onto it. If the target location is reachable from the avatar's position, i.e. if it is at a smaller distance than the avatar's arm estimated length, the system interprets the user click as a selection. However, if the object is not reachable, the system interprets that the user wants to go towards it, and the system computes the corresponding path and follows it automatically. If the target object is not visible from the current camera's position, users indicate movement by steps, giving a first path direction, stopping the movement to reorient the camera and clicking again to specify a new direction. For instance, to reach an object in another room, users will need first to reach corresponding door. Thus, although locomotion is removed, way-finding tasks are still feasible.

4. IMPLEMENTATION

The software is implemented on top on Blender Game Engine (BGE) [16]. The implementation of the basic navigation mode and the assistance mechanisms is straightforward using BGE API. We next describe the implementation of the automatic mode.

In order to manage the automatic navigation the system needs to know the position of all interactive objects. The position of static objects is part of the scene model. Objects that can be moved can be on top of or inside other objects. We use a system of grids that allows us to control the exact position of all the objects at any time of the play. Then, when an object is the user's target, the system has the ability to compute the best position to reach it, computing the best path to arrive there and the best camera's orientation.

The system uses the object's position to determine the best avatar's location to reach it. This location lays on the grid of the VE's floor. Figure 1 shows a grid example of a kitchen. The cells of the floor can be classified as occupied (red), unreachable (orange) or reachable (green). The unreachable cells are free cells where the avatar cannot go, because it would collide with other elements of the VE. Thus,

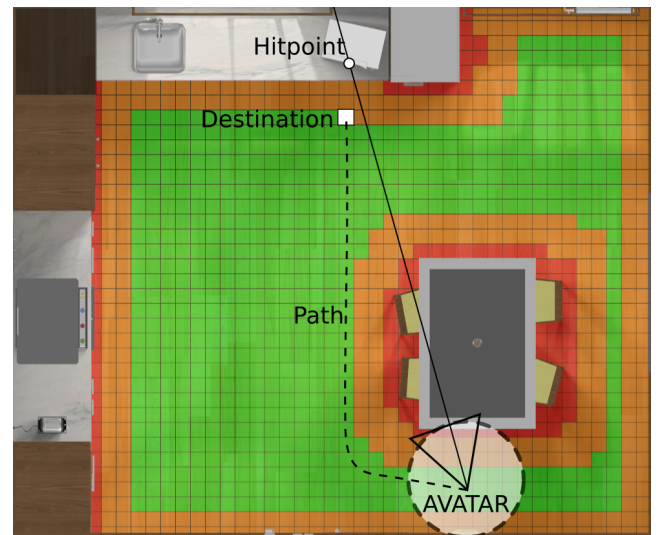


Figure 1: Example of the navigation strategy. The system use the floor's grid to determine the best path to reach the hit-point. The destination cell is draw in white, and the cells are classified as occupied (red), unreachable (orange) and reachable (green).

the avatar is only allowed to be in a position inside reachable cells. The system uses the grid to determine which of the reachable cells is the best to interact with the target object. The naive strategy consists of finding the closest cell to the target. However, it does not take into account the possible occlusions. Therefore, we choose the closest cell from which the target is visible. We compute these cells in a pre-process, casting rays from the surfaces cells to virtual camera positions centered at the grid floor cells. Our scenario model stores these cells associated to each surface cell. Then when the system wants to determine the best destination for a target, it selects the closest cell that belongs to the set of the target's surface cell. Taking into account that the objects during the task can change their positions, it is possible that all the cells are occupied, and then the avatar cannot reach the target. In those cases, the system's logic is the responsible of asking the user to move some objects to be able to reach the target.

Once the system has the current position of the avatar and the destination position, it computes the path that allows the avatar to move inside the VE without colliding with any object. The method used is an implementation of the A* path-finding method that minimizes the Euclidean distance, and uses the floor's grid to compute a discrete path. After this process, the system computes a Bezier path that follows the discrete path computed before. This new path allows the system to perform softer movements and keep a constant speed.

5. ANALYSIS METHODOLOGY

To test the navigation approaches we have designed a task consisting of pointing onto three objects strategically placed in a 3D environment. We have studied the navigation approaches with 26 voluntary users (17 men, 9 women) of diverse ages and skills in using computers and games, varying from 16 to 80 years-old. The tests were performed individ-

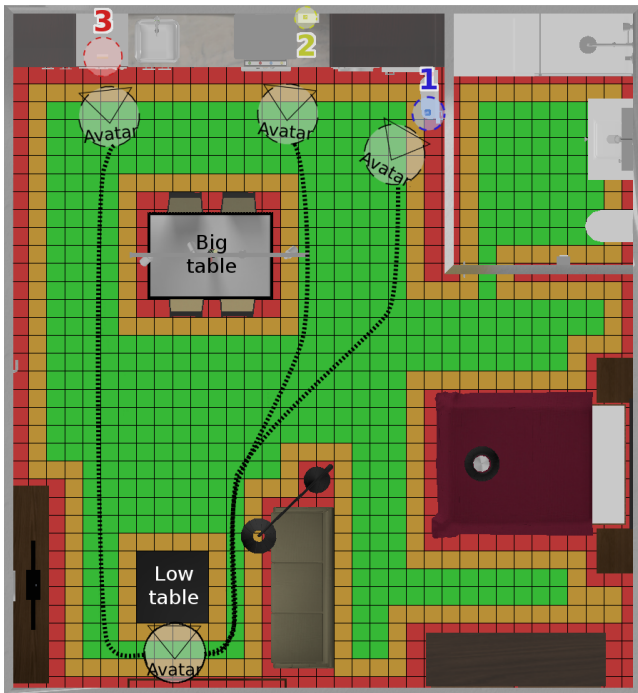


Figure 2: Test tasks realized by users (top view). The tasks consists on reach: the bottle of water dashed in blue (1), the oilcan dashed in yellow (2) and finally the cake box dashed in red (3). The ideal paths to reach each of the targets are shown with dashed lines.

ually, at different times and places, with one facilitator per user. The pre-tests consisted in an informal presentation of the aims of the experiment and a questionnaire in which users were asked about their age, skills in using computers and computer games preferences and frequency of use. We could classify the users into two categories: usual gamers (13) and non-usual gamers (13) All the more than 50 years-old users were non gamer, but they all had some skills using computers. The facilitator first made a demonstration of the environment, by navigating through it, describing it and asking questions to the user about its composition (What do you think this object is? Could you tell me where is the washing machine? and so on), to verify that the virtual environment was well understood by users. During this tour, the facilitator explained the concept of cursor and navigation. The tour was skipped for usual gamers who already knew the concept of 3D environment and navigation. After that, no-usual gamers were allowed to try to navigate for a short lapse of time with a centered cursor and an unrestricted pitch, just to understand the relationship between the input device and virtual environment. Again usual-gamers skipped this stage. Next, all users performed the tests, and at the end, in the post-test stage, they were asked to fill a Likert scale usability questionnaire, and express freely their opinions. The facilitator took notes on the behavior of the users throughout the experiment.

The chosen scenario is a loft (see Figure 3) where a bottle of water, an oilcan and a cake box are situated at different heights relative to the ground in order to force the user to look at different target heights while they are walking. In



Figure 3: User view of the scene at the initial position with a first person camera. The users tasks consists on reach: the bottle of water dashed in blue (1), the oilcan dashed in yellow (2) and finally the cake box dashed in red (3). The targets are at different heights relative to the ground.

addition, the start point of the task is near a little table that blocks the direct path from the avatar position to the target destinations.

The task is depicted in Figure 2 and is segmented in three stages, one per object. The entire task was completed 6 times by each user, one per method. In the figure, the initial position of the avatar in the environment before performing any interaction is represented by a solid line circle with a triangle inside that indicates the camera. The three dashed line circles represent the considered as ideal final positions. The dashed lines represent the ideal paths, i.e those that require the minimum distance to reach objects and the minimum variation of vertical angle of head movement.

The first stage of the task consists of walking to the refrigerator and point onto a bottle of water (dashed in blue). In this stage, it is necessary to avoid the low table, which is an obstacle that does not prevent from seeing the target object but is invisible if the user looks at front. This obstacle forces the user to explore the scenario by moving the head. The bottle of water is placed at low height relative to the ground. The next stage is to go to the shelf where the oilcan is placed at middle height relative to the ground. It consists of walking in a nearly straight line after avoiding the low table. This stage requires also to avoid the big table, but, in this case, it is a visible obstacle when looking at front. Finally, the last stage is to walk to the cake box placed at high height, also avoiding the low table. In this case, the minimum distance path avoids the little table to the left.

6. RESULTS AND DISCUSSION

Figures 4 and 5 represent the paths followed by users with different types of camera orientation. We use a temperature range color encoding. The more transited is the place the



Figure 4: Paths performed by users with basic pitch (top) and with fixed pitch (bottom).



Figure 5: Paths performed by users with cursor (top) and with free cursor (bottom).

higher temperature it represents. In other words, the places where more users pass are colored in red.

Figure 4 represents the paths with the regular pitch mode restricted between $[-50, 50]$ (left) and the goal-restricted pitch camera angle (right), and Figure 5 represents the paths with the cursor fixed at the center of the view (left) or free (right).

Figure 4 shows that the fixed pitch yields to shorter path. Specially, it avoids unneeded movements between the location of target 2 and 3, clearly perceptible in the tests without fixed pitch. With the fixed pitch, users tended to go rather straightforwardly to their target destination.

From Figure 5, it can be seen that free cursor during navigation yields to more path distortion and unnatural paths. Specifically, for the first stage of the task, users tended to disperse towards the bedroom, and, for the third stage, they moved stuck to the wall, a quite weird motion.

Table 1 shows the results of using a centered cursor or a

free cursor and the values of the ideal paths to perform the tasks (see Figure 2). The second column shows the distance traveled, the third the time spent, the fourth the time spent in still position, and the fifth and sixth the pitch and yaw rotation accumulated for each method. It can be seen that the free cursor obtains better results when the avatar stays stopped. The users need to perform less rotations to select the targets because the cursor can reach the target directly if they are inside the frustum. In the case of centered cursor the target needs to be in the center of the view which yields to more rotations (64% more pitch rotation and 87% more yaw rotation). In the case of navigation, the time and the distance spent by the free cursor is higher, because the yaw rotation is slower due to the need to put the cursor on the borders of the screen. The percentage of distance and time is not the same, because there are some accelerations at the start and end of the navigation.

Table 2 shows the results of applying pitch restrictions

Cursor					
	Walking		Stopped		
	Dist.	Time	Time	Pitch	Yaw
Ideal	6.56 m.	5.33 s.	-	-	-
Centered	7.07 m. (0.23)	9.4 s. (1.11)	17.46 s. (3.31)	102.6 deg. (27.69)	40.7 deg. (15.66)
Free	7.63 m. (0.32)	12.28 s. (1.53)	14.05 s. (2.81)	37.2 deg. (6.30)	5.2 deg. (1.15)
Gain	-7.92%	-30.64%	19.53%	63.69%	87.32%

Table 1: Users results with centered and free cursor. The ideal row shows the minimum distance and time needed to reach the targets. The last row shows the gain of free cursor against the centered cursor (Standard deviation in brackets).

Pitch				
	Walking		Stopped	
	Dist.	Time	Time	Pitch
Ideal	6.56 m.	5.33s	-	-
Unrestricted	7.53 m. (0.29)	12.51 s. (1.56)	29.73 s. (7.58)	163.29 deg. (37.24)
Restricted	7.07 m. (0.18)	9.4 s. (0.86)	17.46 s. (3.62)	102.56 deg. (13.18)
Gain	6.11%	24.86%	41.27%	37.19%

Table 2: Users results with and without restricted pitch. Restricted pitch means that during locomotion the pitch is fixed to zero, and while the avatar is stopped the pitch is goal-restricted (Standard deviation in brackets).

during the navigation (put the pitch angle at zero) and goal-restricted pitch. It can be seen that these restrictions speed up performance. In the case of navigation, they allow to reduce the time spent and the distance, because they avoid disorientation. When the avatar is stopped, the goal-restriction avoids to perform rotations that hide the target from the current view, reducing also the spent time.

To evaluate the automatic navigation performance, we have computed the distance and time performed by users using this mode (6.69 and 5.97 respectively). We can observe that the values are greater than the ideal path (6.56 and 5.33). This happens when user do not select the desired target directly, but an intermediate position to perform the whole navigation.

Users ranked the navigation and camera orientation methods by answering a questionnaire that ranked from 0 to 5 the level of difficulty and pleasantness (see Table 3 and 4). All users, gamers and non-gamers, found the automatic navigation very easy. It is also the preferred mode for non-gamers.

Qualitative results for non-gamers		
	Difficulty	Pleasantness
Stopped w/ centered cursor	2.7	3.0
Stopped w/ free cursor	3.0	3.5
Stopped w/ basic pitch	3.0	3.0
Stopped w/ goal-restricted pitch	2.5	4.5
Walking w/ centered cursor	2.0	4.0
Walking w/ free cursor	4.5	1.0
Walking w/ basic pitch	3.4	3.4
Walking w/ fixed pitch	3.2	4.2
Automatic navigation	0.0	4.8

Table 3: Qualitative results for non-gamers. Average score from 0 to 5.

Qualitative results for Gamers		
	Difficulty	Pleasantness
Stopped w/ centered cursor	0.0	4.0
Stopped w/ free cursor	0.5	3.5
Stopped w/ basic pitch	0.0	2.5
Stopped w/ goal-restricted pitch	0.0	2.5
Walking w/ centered cursor	0.0	4.0
Walking w/ free cursor	1.3	2.6
Walking w/ basic pitch	0.0	2.5
Walking w/ fixed pitch	0.0	2.5
Automatic navigation	0.0	3.0

Table 4: Qualitative results for gamers. Average score from 0 to 5.

Gamers prefer to have the control of the camera but the automatic mode did not displeased them.

All users coincide on finding the free cursor with navigation the most difficult method. They did not like it. The free cursor on still positions was preferred by non-gamers, but not by gamers. The pitch restrictions where difficult to appreciate by gamers, who scored this mode as average (2.5) meaning that it was indifferent for them. By opposite, non-gamers showed a preference for fixed pitch. During navigation, they found a little difficult understanding how it works at the beginning. In still positions, they found it very useful. In general, for non-gamers the level of pleasantness is inversely proportional to the level of difficulty.

7. CONCLUSIONS

The motivation to this paper is to analyze how to make navigation easier for 3D serious games. Based on the observation of how non-usual gamers navigated, we have proposed methods to alleviate the problems of camera orientation during movements and at still positions, and a fully automatic navigation mode. We have tested these methods with non-usual gamers as well as gamers. The results have shown that automatic navigation can be good solution for both types of users in most games whose goal is not navigation itself. When users become familiar with the game, they prefer to have the control of the camera. Then the free cursor and goal-restricted pitch at still positions can enhance the efficacy of players. During the movement, the centered cursor and the fixed pitch are preferable.

Starting from this preliminary analysis, we plan to generalize the tests on basis of a free web application, in order to attract more users, and collect results through time. In addition, we are already investigating how to automatically detect when user are disorientated, and consequently help them with smooth camera re-orientation towards the target.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been partially funded by projects: TIN2011-24220 and Rehabilita from the Ministerio de Economía y Competitividad.

9. REFERENCES

- [1] F. Argelaguet and C. Andujar. Automatic speed graph generation for predefined camera paths. In *Smart graphics*, pages 115–126, 2010.

- [2] U. Bordoloi and H.-W. Shen. View selection for volume rendering. In *IEEE Visualization'05*, page 62, 2005.
- [3] D. Bowman and L. Hougues. Formalizing the design, evaluation, and application of interaction techniques for immersive virtual environments. *Journal of Visual Languages and Computing*, 10:37–53, 1999.
- [4] S. Burigat and L. Chittaro. Navigation in 3d virtual environments: Effects of user experience and location-pointing navigation aids. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, 65:945–958, 2007.
- [5] E. Cherniack. Not just fun and games: applications of virtual reality in the identification and rehabilitation of cognitive disorders of the elderly. *Disabil Rehabil Assist Technol*, 6(4), 2011.
- [6] M. Christie and P. Olivier. Camera control in computer graphics. *Computer Graphics Forum*, 27(8):1–197, 2008.
- [7] R. Darken and J. Sibert. A toolset for navigation in virtual environments. *ACM symposium on User interface software and technology*, pages 157–165, 1993.
- [8] L. Driel and R. Bidarra. A semantic navigation model for video games. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Motion in Games, MIG '09*, pages 146–157. Springer-Verlag, 2009.
- [9] F. F.-A. F. et al. Video games as a complementary therapy tool in mental disorders: Playmancer, a european multicentre study. *J Ment Health*, 21(4), 2012.
- [10] S. D. Freitas. Learning in immersive worlds. Technical report, JISC e-learning programme, 2006.
- [11] M. Graafland, J. Schaagen, and M. Schijven. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *British Journal of Surgery*, 1(99):1322–1330, 2012.
- [12] D. Grammenos, A. Savidis, and C. Stephanidis. Designing universally accessible games. *ACM Computers in Entertainments*, 7(1):1–29, 2009.
- [13] T. Hartley and Q. Mehdi. In-game adaption of a navigation mesh cell path. In *Int. conference on computer games*, pages 230–236, 2012.
- [14] H. Holden. Virtual environments in motor rehabilitation: a review. *Cyberpsychology & Behavior*, 8(3):187–211, 2005.
- [15] J. Jankowski and M. Hachet. A survey of interaction techniques for interactive 3d environments. In M. Sbert and L. Szirmay-Kalos, editors, *Eurographics'2013 STAR*, pages 65–93, 2013.
- [16] V. Kuller. *Blender Game Engine*. PACKT publishing, 2012.
- [17] L. Liu, J. Jean-Bernard, and R. van Liere. Revisiting path steering for 3d manipulation tasks. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, 69:170–181, 2011.
- [18] S. Moffat. Aging and spatial navigation: what do we know and where do we go? *Neuropsychology review*, 19(4):78–89, 2009.
- [19] A. Parush and D. Berman. Navigation and orientation in 3d user interfaces: the impact of navigation aids and landmarks. *International Journal of Human-Computer Studies*, 61(3):375–395, 2004.
- [20] I. Poupyrev, M. Billinghurst, and S. W. T. Ichikawa. The go-go interaction technique: non-linear mapping for direct manipulation in vr. In *Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 79–80, 1996.
- [21] B. Reese and B. Stout. Finding a pathfinder. In *Symposium on artificial intelligence and computer games*, pages 69–72, 1999.
- [22] G. Satalich. Navigation and wayfinding in virtual reality: Finding the proper tools and cues to enhance navigation awareness. [Http://www.hitl.washington.edu/publications/satalich/](http://www.hitl.washington.edu/publications/satalich/), 1995.
- [23] R. Stoakley, M. Conway, and R. Pausch. Virtual reality on a wim: interactive worlds in miniature. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '95*, pages 265–272, 1995.

Chats for all: A user survey to improve chats' interaction

Rocío Calvo
Universidad Carlos III
Computer Department
Leganés, Spain

mrcalvo@inf.uc3m.es

Ana Iglesias
Universidad Carlos III
Computer Department
Leganés, Spain

aiglesia@inf.uc3m.es

Lourdes Moreno
Universidad Carlos III
Computer Department
Leganés, Spain

lmoreno@inf.uc3m.es

ABSTRACT

The use of chats is being increased; however, they cannot be used by everybody because they present accessibility barriers. Previous research works have solved some of these problems, but accessibility problems related to the user interaction have not been solved yet. This work is part of a research which main goals are to provide a model-based accessible chat and a development process strategy to create accessible chats using it. This research is in the analysis phase and the elicited requirements must be validated. Thus, this study aims to validate one of the requirements proposed to improve the chats' user interaction, the *Stop Auto-refresh* functionality, and to obtain the necessities that users need in a chat. To achieve it, 45 questionnaires and 3 interviews have been carried out by users with diversity of abilities. Finally, it could be underlined that people with visual, motor or learning and cognitive disabilities could find this new feature very interesting and useful.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – *Evaluation/Methodology, Interaction Styles, User Centered-Design*,

H.5.3 [Information Interfaces and Presentation]: Group and Organization Interfaces – *Evaluation/Methodology, Synchronous interaction*.

General Terms

Measurement, Experimentation, Human Factors, Verification.

Keywords

Survey; User interviews; Accessibility Questionnaires; Chat; User experience; Accessibility Barriers; Chat Interaction; Special needs; Disability

1. INTRODUCTION

Users have incorporated chats in their daily life to communicate with their colleagues and friends. However, chats have many accessibility problems which make difficult their use by some

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

users. Some of these problems are related to the flow and rhythm of the conversation [17] or the use of updated content which is improperly tagged [14]. Previous chats have tried to improve these accessibility problems. However, these solutions do not involve users during its life-cycle development, they do not follow accessibility standards and guidelines, they are developed for a specific platform, etc. [5]

This work is part of a research which aims to provide a model-based chat and a development process strategy to create accessible chats using it. This work is currently into the analysis phase; thus, the requirements have been elicited and formalized and they must be validated. Some of the elicited requirements aim to improve the user interaction in chats like allowing users to configure the auto-refreshing time or allowing users to specify the chat messages' order. In this paper, one of these functionalities is studied in depth, the *Stop Auto-Refresh* functionality. This new functionality allows users to stop the reception of messages and informs other users that this person needs more time to write. The survey study presented in this paper aims to know the users' opinion about this new functionality and moreover, to obtain the main problems that users usually face when they use chats in desktop and Mobile Devices (MDs).

This paper is divided into five main parts. The section 2 explains previous background of the study. Secondly, the section 3 specifies how the questionnaires and the interviews were carried out. Later, the section 4 explains the results obtained and an analysis of the results is specified in the section 5. Finally, the obtained conclusions are detailed. Next, these phases are explained in depth.

2. BACKGROUND

This section specifies the laws, guidelines and standards with regard to accessibility; the chat accessibility barriers; previous accessible chat approximations; previous surveys which are centered in obtain patterns of use of chats; the accessibility problems that chat users face and the motivation of this study.

2.1 Accessibility: Directives, Legislation and Standards

People with disabilities should have the opportunity to access to the Information Computer Technology (ICT) without any handicap. However, some people's rights are violated because ICTs are not created in an accessible way and people can feel discriminated [25]. There are different accessibility standards, guidelines and laws which normalize or regulate the access to ICTs for everybody.

From the legislative point of view, some countries have created laws to protect people's rights when they use ICT s. For instance, USA created the Section 508 of the US Rehabilitation Act [21].

Besides, Spain created the Ley de Servicios de la Sociedad de Información (LSSICE)[4] and Europe provided the 2005 *Communication on eAccessibility* [23]

With regard to the standards and guidelines in desktop computers, the World Wide Web Consortium (W3C) provided the guidelines called Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0 [27] to create accessible websites. Besides, some standards are based on the WCAG 2.0 guidelines such as: the Spanish standard UNE 139803:2012 *Web content accessibility requirements* [2] or the ISO organization has developed the standard *ISO/IEC 40500:2012 Information technology -- W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*[11]. Moreover, AENOR has developed other standards related to ICT s accessibility like the *UNE 139802:2009. Guidance on software accessibility* [1] which specifies how software should be developed to be accessible for people with disabilities and old people and ISO specified the *ISO 9241-20 Accessibility guidelines for information/communication technology (ICT) equipment and services* [10] which provides guidelines to improve the accessibility of ICT equipment and services. Furthermore, there are guidelines related to MDs like the W3C guidelines *Mobile Web Accessibility Best Practices (MWABP)* [28] or the *IMS AccessForAll* which specifies how to create accessible synchronous tools [9].

2.2 Chat Accessibility Barriers

Previous research works pointed out that chat applications present accessibility barriers and they have even additional problems than other ICT systems[8]. These problems can be classified into: accessibility-supported technology, flow and rhythm of the conversation, technology used in the creation and specific problems for MDs [5]. The Figure 1 shows a summary of the main accessibility problems and its classification.

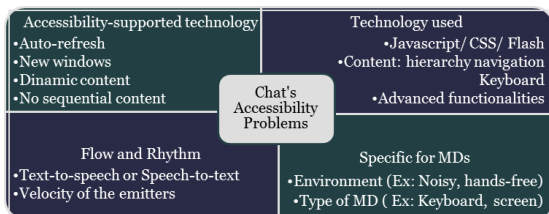


Figure 1. Chat's Accessibility Problems

2.3 Previous Initiatives of Accessible Chats

Some chat approximations have solved certain specific accessibility problems of chats found in previous research works. For instance, Reef Chat [24] uses Rich Internet Application (RIA), AJAX live regions and follows WAI-ARIA [29] and WCAG 2.0 to solve the problem of auto-refresh [17] and follows the WCAG guidelines. Furthermore, the chat of the Atutor¹ Learning Content Management System (LCMS) provides features to configure the time of auto-refresh, allow sorting messages and choose showing new messages exclusively. Besides, *AssistiveChat*² provides features for people with speech disabilities such as: suggestion words, predefined sentences or conversion of text-to-speech.

However, until the authors' knowledge there is not any chat which has been created following a User Centered Design (UCD) in their

design. This is really important in the user interface and software design because users can express their opinion and experience in the whole design process. As a result, the user experience is affected because it is really necessary to create usable and accessible software. Consequently, accessibility requirements are not taken into account in the chats' user interaction.

Besides, they are designed for a specific platform and technology and their design cannot be extrapolated to other environments. Thus, they are not designed taking into account methodological model-based approaches which separate design from technology. Additionally, they do not solve the accessibility problems that MDs applications have. Finally, some of them do not follow accessibility standards and guidelines to create accessible software.

2.4 Surveys: Chats' Use and Accessibility

Previous studies have carried out surveys to obtain the user preferences and problems related to chats. Some of these studies focused on the use of chats. For example, the survey carried out by Asian Institute of Journalism and Communication [3], shows that most students consider chat less formal than mailing and that more than 50% of students use chats every day or two to three times a week to chat with known people. Besides, there are differences with the use of chats between women and men because women prefer chatting more than men [22]. Furthermore, students prefer the use of Instant Messages (IM) instead of email because most of their friends use them [30]. The study [31] specifies that students prefer the use of IM with their colleagues and email with their teachers because they use the first one in informal conversations and the second one in formal conversations. Considering the use of chats by people in general, the study concludes the user's acceptance is affected by usefulness, ease of use, enjoyment and concentration of the chat [16].

On the other hand, focusing on accessibility, the survey [7] compares the communication between people with learning disabilities and people without learning disabilities through IM, e-Mail and SMS and concludes that IM communication is more effective. This study also indicates that chats present many accessibility problems which are a handicap for some users. For instance, people with dyslexia have problems when they interact with the chat because if they are writing a long sentence, other users can write more sentences and they could feel out of the conversation; thus, they need more time to re-read the sentences and understand them[32]; Besides, as visual impaired users have problems like following the flow and rhythm of the conversation in synchronous tools, they prefer the use of asynchronous tools like email[13].

2.5 Discussion

The creation of accessible software is really important to avoid the barriers that many people experience. Previous surveys and other researches have detected accessibility problems that people face when they interact and one of the most important problems is related to follow the flow and rhythm of the conversation. Moreover, previous chat approaches aim to delete these accessibility problems. However, they have limitations such as: the inclusion of users in the software development, the lack of standards and guidelines in their development, the design for specific technologies or the lack of improvement in the user interaction.

¹ <http://atutor.ca/achat/>

² <http://www.assistiveapps.com>

Considering all these aspects, the main goal of the research is the creation of a model-based accessible chat and the development process strategy to create it[5].

This research proposal specifies some of the requirements that an accessible chat should have. One of these requirements is the *Stop auto-refresh* functionality. This feature allows users to stop the reception of messages and inform other users that this person needs more time to write. However, this feature is a theoretical feature and users should specify their opinion with regard to it in order to follow a UCD process.

As the research in which this study is framed intends to follow a UCD and includes users in the whole life-cycle, the main goal of the study presented in this paper is to know the users' opinion related to the *Stop auto-refresh* functionality and obtain the main problems that users usually have when they use chats in MDs and in desktop computers. To achieve it, two survey methods (questionnaires and interviews) have been conducted to obtain the users' opinion. Next sections specify how these survey techniques have been carried as well as the results obtained.

3. Survey Methodology and Design

The survey study presented in this paper aims to collect the accessibility problems that users face when they interact with chats, the users' habits, and their suggestions. Besides, it tries to collect their opinion regarding to the new "*Stop Auto-refresh*" functionality of the chat which will allow users to stop showing new chat messages and inform other users that this person needs more time to answer. Thus, the main objectives of this study are to obtain:

- 1) Accessibility problems of chats from the point of view of user's experience with other chats as well as suggestions and the absence of some functionalities that could be useful for them.
- 2) Users' opinion with regard to the hypothetical chat which would have this new functionality *Stop Auto-refresh*.

To achieve it, two survey methods have been combined: user interviews and questionnaires. Both methods have been carried out considering the guidelines related to survey researches [20][12] which explain how to carry out them properly.

The target users were Spanish speakers who have disabilities because the study intends to obtain the barriers that people with disabilities face.

Next sections explain how the survey methods have been carried out in detail.

3.1 User Interviews

Qualitative research is really useful to obtain users opinion in a deep level because answers are opened answers and users can explain their answers [18]. Moreover, these interviews were carried out to validate the questions of the questionnaires created with a small group of people before sending to the users.

3.1.1 Interviews Design

Before each interview, the interviewer explains the interviewee the main goal of the experiment and an introduction about him. Furthermore, some relaxed questions have been asked previously to warm-up the interview. The interviews carried out in this research are semi-structured interviews which follow the questions of the

questionnaires distributed to users, see Section 3.2.1 to know the format of the questions, but respondents were able to specify why they have chosen each option. Besides, the interviewer asks questions related to the interviewee's previous answers and his behavior with each question. Thus, the interviewer can make the most of the interview.

3.1.2 Data Collection

The interviews were carried out through a telephone call or audio-conference to people who was interested in becoming part of the research work. The interviewer asked some questions during one-two hours related to their personal situation, the technology use habits and the problems that they face when they use chats. All questions were opened questions and users could explain their experience when they use the chat in different environments such as: desktop or MDs environments, formal or informal conversations or learning environments. After that, the interviewer specifies to the user a specific situation in which the user is using the chat as a synchronous tool and he is receiving many messages in a short period of time. The interviewer asks him how he will solve this situation, his opinion with regard to the new functionality, the auto-refresh functionality, that we propose and if he would feel ashamed with this new functionality. Finally, the interviewer asked users if they have any suggestion to improve the chat interaction. Next, the Section 4.1 presents the main results of the user interviews.

3.2 Questionnaires

The use of questionnaires in software engineering developments, which follow a UCD approach, is useful to ask users opinion with regard to their necessities and experience[26]. Thus, this research work uses questionnaires to obtain it.

3.2.1 Questionnaires Design

This research is an experiment with a theoretical design and is a *Concurrent control studies in which participants are not randomly assigned to groups*. Furthermore, the questionnaire has been elaborated considering the guidelines provided by Kitchenham and Pflieger[19].

The questionnaires were unsupervised surveys; thus, respondents fill the questionnaire by their own and there is not any person who supervised the questionnaire.

A unique questionnaire has been created in three different formats to ensure that everybody could access to it: plain text (.txt), accessible Microsoft Word (.doc) and accessible online form. Thus, each user could decide which format adapted better to his necessities for filling it.

The questionnaire is composed of a total of sixteen questions. Fourteen of them were rating scale and two of them were open-ended questions. In addition, it is important to emphasize that six of the rating scale questions were also open-ended questions where people can specify additional characteristics which are not in the options. The questionnaire is divided into different parts: personal information (Ex: age, gender, disability), their kind of MD and assistive technology, frequency of use of chats and types of chats, accessibility problems that they faced, questions related to our new feature and suggestions to include in the chat.

3.2.2 Data Collection

This research follows a non-probabilistic sampling method where people with disabilities were invited to participate in the survey.

Specifically, it is followed a convenience sampling method because the users, who participate in the surveys, were willing to take part in the survey.

The questionnaire has been spread through different media such as: social networks, blogs, group mailing lists and so on. The data collection process was open for more than one month and users spent around fifteen minutes to complete each questionnaire.

With regard to the response rate, it is not possible to calculate it due to the questionnaires were spread of through the Internet and the respondents were random respondents.

3.2.3 Data Analysis

After collecting the questionnaires, the data is analyzed to check if the data is robust or not. Thus, it is checked if the questionnaires were whole-completed and fulfilled properly. And finally, wrong questionnaires were not taken into account for the survey.

4. Results

This section explains the main results obtained from the user interviews and questionnaires methods.

4.1 User Interviews

A total of three users have participated in the user interviews. These interviews were carried out by three blind people because as it has been explained before, previous studies have found that people with visual impairments have more problems when they use chats. Thus, blind people have been chosen to participate in the interviews because they will provide really useful information.

4.1.1 Participants Characteristics

The first user is a 55-65 years-old user and he is blind. He surfs on the Internet every day to search for music and books. However, he does not surf on his MD because his MD browser is not accessible; he uses Android 2.2 in his Samsung TGB 7510 MD and none of the available browsers for this operating system is accessible. Furthermore, he uses rarely chats in MDs or desktop computers and the chats that he uses are *Whatsapp*³ and *Messenger*⁴ chats.

On the other hand, the second user is really different to the first one. He is a 35-44 years-old user and he is also blind. He uses his MD (4S Iphone) every day to surf on the Internet because his browser is an accessible browser. Besides, he uses chats like: *Whatsapp*, *Line*⁵, *Messenger*, *Skype*⁶, *Spotbros*⁷ and *Chats of some Social Networks* to communicate with his friends and colleagues.

Finally, the last user is between 35-44 years-old. He is blind too and his MD is a Nokia 6710. He uses chats in desktop computers but not in MDs. He uses Internet to surf on it, to study and to create blogs. Moreover, he is used to use chats to communicate with his friends and with other students. With regard to the chats that he uses, he specifies he uses *Messenger* and chats of some LCMS because he studied an online Master.

4.1.2 Analysis of Interviews' Results

4.1.2.1 Usual Accessibility Problems

The first user considers when he uses chats he is losing his time because he spent a lot of time on writing messages. He explained that:

“Chats are not useful for me. I am wasting my time when I chat”.

Moreover, if he is in a conversation, he is not able to write as quickly as the other person and he becomes stressed because he receives a lot of messages at the same time.

With regard to the second user, he considers that chats are really useful for him and uses them every day. When he uses chats, he experiences some difficulties and these barriers can be more or less serious, if he uses one or other chat. He said:

“Line has some images-buttons without alternative text and I cannot know the purpose of the button. Moreover, when I receive a new message notification in Whatsapp, it opens the last conversation that he has opened and it does not open the last message received. It is a problem because the screen reader does not notify it and I know that once I wrote to another person. Thus, I press the top of the screen always to auto-refresh the screen”

Besides, he considers that the use of the chat of *Facebook* is easier in MDs than in desktop computers because the navigation is easier. And he considers that *Spotbros* is completely inaccessible for him because it is not prepared to be used by screen readers.

The third user considers that communicate through chat is useful for him. However, he experiences some difficulties when people use emoticons to specify something in the sentences.

“When I am speaking with someone and he says ‘I go to + EMOTICON’, I cannot understand the meaning of the whole sentence”

Another difficulty is related to response sentences. If he is speaking with many people, he sometimes cannot follow the conversation because he answers previous messages.

“If I am writing previous messages, the other people write messages and my messages become obsolete”

In addition, it is important to emphasize that this person has used the chat in LCMS and the chat does not updated continually. Thus, if he wanted to know the last sentences he had to refresh the page manually and sometimes he was not able to know the conversation.

4.1.2.2 The “Stop Auto-refresh” Functionality

The first user considers that this new functionality would be really useful for him because he would stop the reception of new messages when he feels overwhelmed and he would not be ashamed if he used it. However, he prefers that the other user does not write anything else as he could feel overwhelmed again. He explained:

“If I have stopped the reception of messages, I would like the other person stop writing messages. If the other person were writing many messages in this period of time and I will receive all of them at the same time, I will feel that the other person is bombing me with new messages and I will feel overwhelmed again”

Besides, the third user specifies that it can be useful especially in environments where many people interact. Furthermore, he prefers the reception of the messages later to know what has been

³ <http://www.whatsapp.com/>

⁴ <http://windowslive.es.msn.com/messenger/>

⁵ <http://line.naver.jp/en/>

⁶ <http://www.skype.com/es/>

⁷ <http://www.spotbros.com/>

explained after the stop of reception messages and he considers that it must be informed other users about the stop of messages reception.

“If I am not able to write quickly or to follow the conversation is not a problem, it only means that I need more time”

On the other hand, the second user specifies that he does not feel overwhelmed when he uses the chat because he is used to use chats in MDs and in desktop computers. However, he considers that the use of this feature could be useful but depending on the number of users.

If there were more than two users, the flow and rhythm of the conversation could be affected when he access to the new functionality and consequently, the other people could not write more messages. Thus, he suggested:

“The other people could write more messages because I do not want to interrupt the conversation. Later, I could receive all messages together. Moreover, it will be important to specify in which moment these messages were sent. If it would not be specified, there could be a loss of context and I could not follow the conversation”

On the other hand, if there were two users (he and other user), he could access to the button *Stop Auto-refresh* and the other user can wait until he renews the conversation. In this case, he considers that the flow and rhythm could not be affected. With regard to his feelings, if we used this feature, he explained that he would not feel ashamed because all his friends know his disability.

As a result, people with less experience in the use of chats considered that this new feature could be useful for them because they could stop the reception of messages. However, the more experienced person considered that it could not be useful for him. Furthermore, none of them would feel ashamed if they accessed the button and inform other users about this circumstance.

4.1.2.3 User Suggestions

The first user did not specify any additional features for the chat. However, the second user specifies that it was really important that a chat should be compatible with assistive technologies such as: screen readers or speech-to-text. Besides, the third user specifies that the storing of the chats is really important for him because if he had felt lost during a conversation, he can re-read the conversation again.

4.2 Questionnaires

A total of 53 users have participated in the sent questionnaires. But, the number of selected questionnaires was 45 because some of them were not completed properly or they are not part of the target population because they do not have any disability. Next, the characteristics of these users and the results obtained are explained.

4.2.1 Participants’ Characteristics

The questionnaires where completed by 24 males and 21 females. All of them have a disability such as: visual, hearing, motor or learning and psychological disabilities which are included in the category of other. However, four people have more than one disability. Next, Figure 2 shows a relation between the age of users and the disabilities.

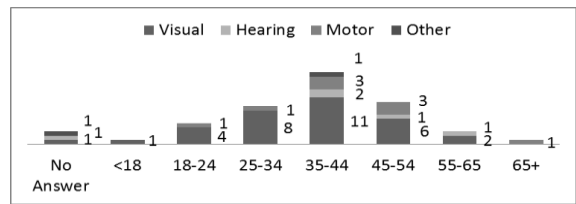


Figure 2. User’s Age and Disability Characteristics

With regard to their experience in the use of chats in MDs and desktop computers, 53,33% of users use chats every day in their desktop computers and 48,89% of users in MDs. In contrast, 2,22% of users do not used to use chats in desktop and 20% in MDs. The Figure 3 shows the percentage of use of chats in desktop and MDs by respondents.

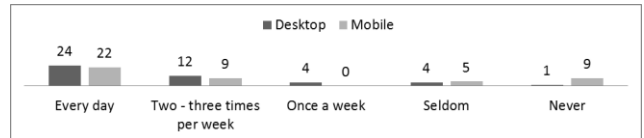


Figure 3. Chat use in Desktop and MDs

Moreover, users should specify which is the chat/chats that they are used to use. Figure 4. Shows that the most used chats are those chats of social networks like Facebook and Whatsapp chat.

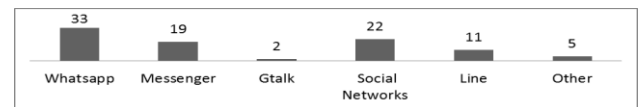


Figure 4. Most Used Chats

4.2.2 Analysis of Questionnaires’ Results

This section analysis the results obtained in the questionnaires filled by the users.

4.2.2.1 Usual Accessibility Problems

With regard to the accessibility problems of chats, users were asked to answer which problems they face when they interact with chats. Thus, they could select barriers from the list provided in the questionnaire. Furthermore, they were able to specify other accessibility barriers found. The list provided was:

- 1) A1: I cannot identify the colors and shapes
- 2) A2: There are icons which I do not understand.
- 3) A3: I cannot follow the flow and rhythm of the conversation.
- 4) A4: The icons are really small.
- 5) A5: I cannot write quickly.
- 6) A6: There are images without alternative text.

The answers to these questions are showed in the Figure 5. It can be observed that people with visual impairments experience more problems when they use chats. These problems are related to the flow and rhythm because they cannot write quickly as sometimes they need because of the use assistive technologies like speech recognition software or braille keyboards (A5). Thus, they cannot follow the conversation (A3). The use of images, icons or buttons without alternative text is a handicap for them. In contrast, people who experience fewer problems in the use of chats are people with hearing impairments. They are really used to use chats and text messages to communicate with other people **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Moreover, the most usual problems that people experience are common problems of synchronous tools because they are related to the interaction (A5, A3). For instance, most people are not able to follow the flow and rhythm of the conversation (A3) and cannot write quickly when they are chatting (A5). The last one could be a consequence of the first one because while they are answering the last message the other person can write more messages and as a result he can feel lost and overwhelmed in the conversation because he has not the opportunity to answer previous messages.

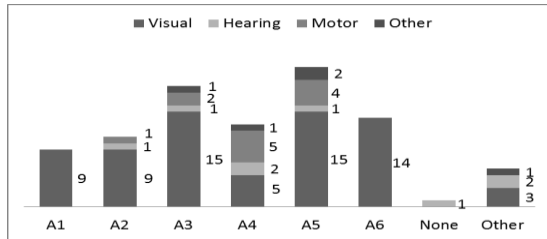


Figure 5. Chat Accessibility Problems per Disability

A part from the accessibility barriers provided by the questionnaire, users gave us information related to others accessibility barriers according to their experience. However, it is important to emphasize that these problems were experience by only one user such as: they cannot read the messages, the tabulation is not used properly and the user cannot navigate through the chat using the keyboard, they cannot access to all the functionalities through keyboard, they cannot hear the sounds and they feel insecure.

4.2.2.2 The “Stop Auto-refresh” Functionality

Users were explained a situation in which they were chatting with someone and they were receiving many messages at the same time. Thus, users could use the new functionality, *Stop Auto-Refresh*, and the new messages, which the other user wrote, will not be showed in the screen. After that, users were able to specify what should happen later and what the other user should do. The answers could be:

- AP1: The other user can write more messages and they will be showed together when I renew the conversation.
- AP2: The other user can write more messages and they will be showed one by one when I renew the conversation.
- AP3: The other user cannot write more messages until I decide to renew the conversation.
- AP4: The other user can write only one message more and will be showed when I renew the conversation
- AP5: The other user can write a new message but it cannot be sent until I decide to renew the conversation.

As the Figure 6 shows, most people prefer that the other user could write more messages while the conversation was stopped (AP1, AP2 and AP4). Besides, most of them wish that the new messages should be showed all together (AP1) instead of one by one (AP2). However, the least selected options were the options in which the other user cannot continue writing what he is thinking (AP3, AP5).

Moreover, other users provided new suggestions regarding to this new functionality. For instance, people suggested the transcription of the messages from voice-to-text and audio-to-text. Furthermore, other person specified that users should decide which the best feature is for them and they could select it to show the messages in

that way. It is important to emphasize that to the author’s opinion, allowing users to configure the chat preferences is really useful for users because they can adapt the chat to their necessities.

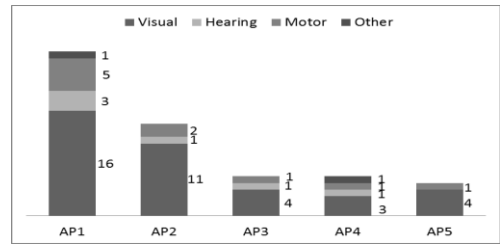


Figure 6. Selection after “Stop Auto-refresh” per Disability

Another question was related to the usefulness of the new feature. This question uses a 5 point Likert scale [15] (from 0 to 4; from “really no useful” to “really useful”). Figure 7 shows the main results obtained. We can observe that most users think that the new feature is really useful or really useful. If data is analyzed from the point of view of group disabilities, twelve people with visual impairments consider that the new feature is really useful for them and eleven consider it is useful. Besides, the second group of people that considers that this feature could be useful for them is motor impairments group because seven people answered it. In contrast, people with only hearing impairments consider that it is not useful for them. However, if this disability is combined with other disabilities like motor or visual impairments, this feature is useful for them too.

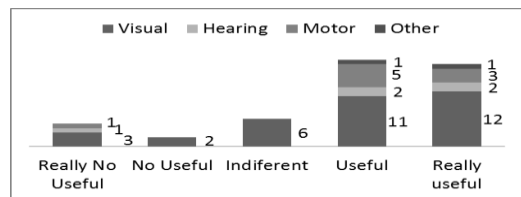


Figure 7. Usefulness of the New Feature per Disability

Furthermore, it is interesting to value how they would feel if they need to use this new functionality. This question uses a 5 point Likert scale again (from “Really not ashamed” to “Really ashamed”). The Figure 8 shows the feelings of each group. Most users consider that they would not be ashamed if they use this new feature and only ten people selected the option 3 or 4 to specify that they would be really ashamed or ashamed.

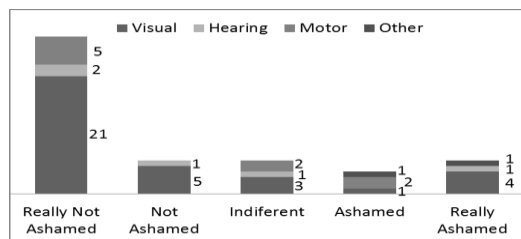


Figure 8. Feelings per Disability

4.2.2.3 User suggestions

Finally, users were able to specify their own suggestions to improve the chat which will be considered as new requirements. Next, these suggestions are categorized and explained:

- Documentation: chats should include manuals to use it.
- Size: letters, icons and buttons should be enough huge to be pressed and its size should be configurable by the user.

- **Operating System:** when the pad is moved, the system should read the information showed in the screen. Thus, it is important to provide more haptic gestures to control the chat interaction.
- **Messages:** the time between messages should be personalized (configurable by user) and the screen reader should be able to read new messages without any user interaction. Moreover, users should be able to specify the number of messages shown after stopping the conversation (configurable by user). Besides, they should be ordered by time in a descendent or ascendant way (the user should be able to select them).
- **Alternative content:** all images should have alternative content.
- **Previous conversations:** all conversations should be recorded for future reading.
- **Rename users:** chats should allow users to change the name of each user to avoid the use of large names and it should be allowed to use icons or other symbols.
- **Keyboard:** chats should allow users to select the keyboard which better adapts to his necessities and should be easy to use.
- **Transcriptions:** chat should allow the transcription of messages from text-to-speech and speech-to-text.
- **Assistive technology support:** all the information must be able to be accessed by all the assistive technologies.

5. ANALYSIS OF THE RESULTS

This survey helped us to elicit the requirements that a chat should have to be accessible from the point of view of the users and to obtain the users' opinion with regard to the new functionality, *Stop Auto-refresh*.

Regarding the accessibility barriers that users experience when they use chats, some of these barriers are not new, because they are typical problems that they usually face in other software, if it has not been developed with regard to accessibility requirements. For instance: the chat does not provide alternative content for the non-textual content, some functionality is not accessible through keyboard, the user cannot hear some sounds, and there are icons which cannot be understood by users. Besides, there are some accessibility barriers which are specific for synchronous environments like chats. These problems are related to the interaction in the conversation. For instance: they cannot follow the flow and rhythm of the conversation and they cannot write quickly. With regard to the accessibility problems per disability, the results underline next accessibility problems:

- 1) Visual impairments. Problems related to: shapes, sizes and colors and icons; follow the flow and rhythm of the conversation; and have difficulties writing quickly.
- 2) Motor impairments. Unsupported keyboards; use of small icons and have difficulties writing quickly.
- 3) Hearing impairments. Impossibility of hearing sounds.
- 4) Other impairments. Have difficulties writing quickly.

As the results show, almost all user categories had problems of interaction with the chat because they cannot write quickly.

Considering it, the new functionality, *Stop Auto-refresh*, could be really useful for many people because it improves the chat interaction. The results obtained in the surveys show that even people who use chats every day or two/three times per week consider that it could be useful for them.

From the point of view of what should happen after the user accesses to the *Stop Auto-Refresh* button, most users prefer that

other user writes more messages when they have stopped the reception of messages. Moreover, they prefer that the messages should be showed all together instead of one by one when they renewed the conversation. In contrast, people prefer not to "annoy" the other user; thus, the least selected options were the options in which the other user cannot continue writing.

This new functionality could make users feel different from other people because when they access to this button, they inform other users that they cannot follow the conversation or they cannot write quickly. Thus, it was asked users how they would feel if they used this new functionality. The results obtained in the questionnaires and the interviews show that most users would not be ashamed, if they used this functionality.

6. CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH

This study is part of a research in which a model-based design of an accessible chat will be created and the development process strategy to create an accessible chat will be specified. As it has been specified before, this research is currently in the analysis phase and this study has allowed us to obtain the necessities of users as well as to obtain the users' opinion with regard to the new functionality that we propose to include in the chat, the *Stop Auto-Refresh* functionality.

After this study, it could be concluded that the new feature, *Stop Auto-Refresh*, could be useful for most of people and that it could be really useful for people with visual, motor and learning or cognitive problems. Furthermore, they would not be ashamed, when they access to the button. Additionally, people prefer not disturbing other users and they prefer that they could write more messages when they have stopped the reception of messages. Besides, they prefer that these messages should be shown together instead of one by one.

Currently, a prototype of accessible chat is being implemented to complete the requirements' validation. This prototype includes some of the improved or new requirements which evolve the user interaction like the new feature *Stop Auto-Refresh* [6]. After that, the new features of the chat will be evaluated by users interacting with the prototype; thus, the requirements will be validated and checked. Finally, the model-based design will be created and the development process strategy to create an accessible chat will be specified.

7. ACKNOWLEDGMENTS

This research work has been partially supported by the research project MA2VICMR (S2009/TIC-1542) and by the project MULTIMEDICA (TIN2010-20644-C03-01).

8. REFERENCES

- [1] AENOR, 2009. *Guidance on software accessibility*. <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0043547&pdf=>
- [2] AENOR. 2012. *Web content accessibility requirements*. <http://www.en.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0049614>
- [3] Asian Institute of Journalism and Communication. 2009. *Survey on internet access and used by Filipino*

- schoolchildren*
http://www.aijc.com.ph/survey_internet_access.pdf
- [4] BOE. 2002. *LEY 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico*. <http://www.boe.es/boe/dias/2002/07/12/pdfs/A25388-25403.pdf>
- [5] Calvo, R. 2013. Accessible Chats for Computer Supported Collaborative Learning Environments in Mobile Devices (Doctoral Consortium paper) In *proceedings International Conference on Research Challenges in Information Science* (Paris, France, 29-31 May, 2013) RCIS 2013, IEEE.
- [6] Calvo, R., Iglesias, A. and Moreno, L. 2013. An Accessible Chat Prototype for Screen Reader Users in Mobile Devices, 2013 In *Proceedings HCI International Conference* (Las Vegas, USA, 21-26 July, 2013) HCII 2013, Springer.
- [7] Eden, S. and Heiman, T. 2011. *Computer Mediated Communication: Social Support for Students with and without Learning Disabilities*. Ed. Tech. & Society. 14,2. 89-97
- [8] Hackett, S., Parmanto, B., and Zeng, X. 2003. Accessibility of Internet websites through time. *SIGACCESS Access. Comput.* 77-78 (September 2003), 32-39. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/1029014.1028638>
- [9] IMS Global Learning Consortium. 2010. IMS Access For All v2.0 Final Specification. Version 2.
- [10] *ISO 9241-20:2008 Ergonomics of human-system interaction -- Part 20: Accessibility guidelines for information/communication technology (ICT) equipment and services*. 2008. http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=40727
- [11] *ISO/IEC 40500:2012 Information technology -- W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*. 2012. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=58625
- [12] Kitchenham, B. and Pflieger, S. 2001. Principles of survey research: parts 1-6. *SIGSOFT Softw.* 27, 5. 17-20. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/571681.571686>
- [13] Köhlmann, W. 2012. Identifying Barriers to Collaborative Learning for the Blind. In *Proceedings International Conference, ICCHP 2012* (Linz, Austria, July 11-13, 2012) 84-91 DOI= 10.1007/978-3-642-31522-0_13
- [14] Lazar, J., Allen, A. Kleinman, J. And Malarkey C. 2007. What Frustrates Screen Reader Users on the Web: A Study of 100 Blind Users. In *Proceedings of Int. J. Hum. Comput. Interaction*. 22, 3 (December 2007), 247-269. DOI= 10.1080/10447310709336964
- [15] Likert, R. 1932. *A Technique for measurement attitudes*. *Archives of Psychology*. 22, 140.
- [16] Lu, Y., Zhou, T. and Wang, B. 2009. Exploring Chinese users' acceptance of instant messaging using the theory of planned behavior, the technology acceptance model, and the flow theory. *Comp. in Hum. Behaviour*. 25,1 DOI=<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2008.06.002>
- [17] National Center on Accessible Information Technology in Education. 2012. *Are chat rooms accessible to people with disabilities?* <http://www.washington.edu/accessit/articles?1064>
- [18] Patton, M. 2002. *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage
- [19] Pilling, D. and Barrett, P. 2009 Text Communication Preferences of Deaf People in the United Kingdom. *J. Deaf Stud. Deaf Educ.* 13, 1 (June 2009), 92-103. DOI= 10.1093/deafed/enm034
- [20] Rogers, Y., Sharp, H. and Preece, J. *Interaction Design: beyond human-computer interaction*. 2011. Wiley.
- [21] Section 508 United States Laws, 1998. *Overview of the Rehabilitation Act of 1973 (Sections 504 and 508)*. <http://www.section508.gov/index.cfm?FuseAction=Content&ID=12>
- [22] Thayer SE, Ray S. 2006. Online communication preferences across age, gender, and duration of Internet use. *CyberPsychology & Behaviour*. 9, 423-440
- [23] The Commission of the European Communities. 2005. *Communication to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee, and the Committee of Regions on eAccessibility*. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2005/com2005_0425en01.pdf
- [24] Thiessen, P. and Chen, C. 2007. Ajax live regions: chat as a case example. In *Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A) (W4A '07)*. ACM, New York, NY, USA, 7-14. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/1243441.1243450>
- [25] United Nations. 1948. *The Universal Declaration of Human Rights*. <http://www.un.org/en/documents/udhr/>
- [26] Vredenburg, K., Mao, J., Smith, P. and Carey, T. 2002. A survey of user-centered design practice. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '02)*. ACM, New York, NY, USA, 471-478. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/503376.503460>
- [27] W3C. 2008. *Web Content Accessibility Guidelines*. <http://www.w3.org/TR/WCAG/>
- [28] W3C. 2010. *Mobile Web Application Best Practices 1.0* <http://www.w3.org/TR/mwabp/>
- [29] W3C. 2011. *Accessible Rich Internet Applications 1.0*. <http://www.w3.org/TR/wai-aria/>
- [30] Wai-Yu, L. and Leung, L. 2009. Effects of gratification-opportunities and gratifications-obtained on preferences of instant messaging and e-mail among college students *Telematics and Informatics*. 26, 2. 156-166. DOI= 10.1016/j.tele.2008.06.001
- [31] Wang, W., Hsieh, J. and Song, B. 2012. Understanding User Satisfaction with Instant Messaging: An Empirical Survey Study. *Int. J. of Human-Comp. Int.* 28,3 DOI= 10.1080/10447318.2011.568893
- [32] Woodfin, B., Nunes, M. and Wright, D. 2006. Text-based synchronous e-learning and dyslexia: Not necessarily the perfect match! *J. Computers and Education*. 50, 3. 703-717. DOI= <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2006.08.010>

Mayores, redes sociales, y herramientas de comunicación y búsqueda en España: evaluación de la usabilidad

Cinthia De Oleo Moreta
Universidad Pontificia de Salamanca
Paseo de Juan XXIII, 3
28040, Madrid, España
cinthia.deoleo@gmail.com

Luis Rodríguez Baena
Universidad Pontificia de Salamanca
Paseo de Juan XXIII, 3
28040, Madrid, España
lrbaena@gmail.com

ABSTRACT

In this paper we present the results of a preliminary investigation about usability in social networks and search/communication tools, realized with elders in Spain. The main goal was to determine the incidence of the selected guidelines through user test evaluation. The most significant results shown some common problems related to legibility, like links that were not visible; there was no difference between obligatory information and optional to complete forms, and unclear mistake messages. Other found problem was the use of inaccessible checking characters to avoid automatic sign in (named CAPTCHA).

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information interfaces and presentation (e.g., HCI)]: User Interfaces – *User-centered design; Graphical user interfaces (GUI); Evaluation/methodology*; K.4.2 [Computers and Society]: Social issues – *assistive technologies for persons with disabilities*.

General Terms

Design, Experimentation, Measurement, Human Factors.

Keywords

Elder, sign in process, usability, usability test, web access.

1. INTRODUCCION

Los principios de usabilidad tienen como objetivo el diseño de sitios web fáciles de usar, permitiendo el acceso al mayor número posible de personas [1], y sin que se requiera demasiado tiempo para comprender su funcionamiento [2]. Por otra parte, las redes sociales ofrecen la oportunidad de una interacción dinámica a diferentes grupos de usuarios, y más concretamente a personas que disponen de mucho tiempo libre por no tener otras ocupaciones o por estar afectados de alguna discapacidad que les impida movilizarse, como el colectivo de personas mayores. El siguiente material contiene los resultados de un análisis de usabilidad en redes sociales y herramientas de comunicación y búsqueda, realizado en España con personas mayores de 60 años.

Se ha seleccionado este colectivo debido a su incremento en España [3], y al uso cada vez mayor que hacen de Internet, especialmente para mantenerse en contacto con amigos y seres queridos. Un estudio sobre el perfil de los usuarios de Internet en España muestra que la mayoría de los mayores internautas son ex-

usuarios: individuos mayores de 65 años que habían sido usuarios y ahora están sin ocupación o completamente dedicados a permanecer en sus hogares. Y en consecuencia, en la próxima oleada de personas jubiladas estarán aún más conectadas, ya que, a finales del año 2009, más del 33% de españoles entre 55 y 65 años utilizaban Internet y accedían a redes sociales frecuentemente [4].

2. FUNDAMENTOS TEORICOS

Este apartado contiene la información referente a los fundamentos teóricos de la investigación, y un breve análisis sobre la incidencia de las redes sociales y herramientas de comunicación y búsqueda en España.

2.1 Los mayores en España

El término persona mayor se utiliza para referirse a quienes han alcanzado un rango de edad, también conocido como tercera edad. La OMS, por sus siglas en inglés WHO [5], sugiere que, aunque no se ha establecido un estándar, en algunos países generalmente se refiere a personas de 60 años o más. En España, comprende las personas de más de 65 años de edad.

Una de las principales ventajas que representa el uso de Internet para las personas mayores es la posibilidad de acceder a servicios, información, y comunicarse con familiares y amigos sin necesidad de trasladarse fuera de su domicilio habitual. El uso del Internet puede facilitarles la realización de estas y muchas otras tareas que podrían considerarse cotidianas. Además, debido a que disponen de mucho tiempo libre, podría resultar una interacción atractiva para una persona que en ausencia de otras ocupaciones podría estar afectado por soledad, depresión, o por alguna discapacidad que le impida movilizarse. Según los datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), para junio del 2012, los mayores constituían el 17,6% del total de la población, y sus proyecciones indican que para el 2060 será el 29,9% [6]. Y de acuerdo con una encuesta sobre las TIC, un 11,0% de personas mayores de 65 años accedía a Internet en el año 2009, pasando a ser un 13,4% en el 2010, un 15,6% en el 2011, y un 18,3% en el año 2012 [7].

2.2 Técnica de test de usuarios

El test de usuarios se basa en la observación y análisis del comportamiento de un grupo de usuarios al intentar llevar a cabo una tarea en un sitio web, y permite obtener información sobre todo lo que se necesita saber de la usabilidad de un diseño. Es más recomendable aplicar un test de usuarios cuando se ha realizado previamente una evaluación heurística, ya que no tiene sentido aplicarlo para descubrir errores de diseño por incumplimiento de principios heurísticos. El comportamiento y respuesta de los usuarios es lo que determina la usabilidad real del sitio [8].

Según Krug, las pruebas de usuarios o pruebas de usabilidad consisten en «observar como la gente intenta utilizar lo que ha creado/diseñado/construido (o algo ya creado/diseñado/

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

construido) con la intención de a) que a la gente le sea fácil utilizar o b) demostrar que es fácil de utilizarlo». Además, describe las pruebas de usabilidad como un método para mejorar casi cualquier cosa que se utilice. Y destaca que la importancia de este tipo de pruebas no radica en demostrar datos estadísticos, sino identificar los principales problemas para solucionarlos, y que esto se puede lograr con una pequeña muestra. A diferencia de la analítica web, que proporciona estadísticas en detalle sobre lo que la gente hace, pero no indica por qué lo hace, las pruebas de usabilidad son buenas para ayudar a entender por qué los usuarios hacen las cosas [9].

Como indica Krug, no se trata de hallar estadísticas sino de detectar problemas de usabilidad. Un test de usuarios no pretende decir que el 80% de la población mayor de 65 años no puede utilizar un menú desplegable, sino que el uso de un menú desplegable puede suponer un problema de usabilidad puesto que un usuario ha encontrado problemas. En este sentido, Nielsen [10], asegura que una pequeña muestra debidamente seleccionada (donde lo más importante a tomar en cuenta será la experiencia del usuario) será suficiente, ya que está demostrado que los primeros tres encontrarán nuevos fallos, pero a partir de un quinto, se pierde el tiempo observando repeticiones de los mismos fallos que se han descubierto antes.

Virzi, Sokolov & Karis [11], afirman que cuatro o cinco usuarios revelan el 80% de los fallos que se pueden hallar con una prueba de usabilidad. Lewis sostiene que se trata de un *modelo matemático* y no de un *número mágico*, e indica que en productos de gran escala o sitios que han sido muy probados, donde la probabilidad de descubrir problemas de usabilidad es baja, es necesario aumentar el tamaño de la muestra [12].

2.3 Redes sociales y herramientas de comunicación y búsqueda

Con toda la explosión causada por la web 2.0, las redes sociales y herramientas de comunicación y búsqueda están teniendo una gran aceptación y crecimiento, y debido a sus objetivos tan variados, siempre que se habla de ellas pueden surgir muchas opiniones encontradas. Estas herramientas proporcionan un intercambio dinámico entre personas, grupos o comunidades, permitiendo que los usuarios registrados compartan información e interactúen entre ellos, obteniendo otras maneras de conexión social en línea. Su origen se asocia a la aparición del sitio classmates.com en 1995, que tenía el objetivo de mantener el contacto con antiguos compañeros de colegio, instituto o universidad. Sin embargo, las redes sociales tienen su origen en el 2001 con la aparición de sitios web que promocionan *redes de círculos de amigos*, y el término se hace popular en el 2003 con Friendster, MySpace, LinkedIn, Xing entre otros. Con la popularidad de estos sitios, otras compañías entraron en el espacio, por ejemplo, Google lanzó Orkut a inicios de 2004 y Yahoo creó una red social en el año 2005. Actualmente hay más de 200 sitios de redes sociales [13].

De acuerdo con los resultados de un estudio realizado a nivel mundial por una consultora privada en el año 2008, para dicha fecha, las redes sociales estaban teniendo mayor aceptación que el uso de email y que otros medios on line [14]. Para el mismo año, España era el tercer país que utilizaba Twitter, detrás de Estados Unidos y Japón, que ocupaban los dos primeros lugares [15]. Aunque es con la aparición de Facebook cuando el concepto se hace conocido. Según algunos reportes, para el año 2010, la red social Facebook ocupaba el segundo lugar de posicionamiento entre los sitios más visitados, y el primer lugar era ocupado por

Google [16]. En ese mismo año, una consultora privada publicó un informe sobre el uso de redes sociales en España indicando que el 85% de los usuarios de Internet disponía de un perfil en alguna red social, ocupando Facebook el primer lugar de preferencia, seguido de Tuenti y de Twitter [17]. Otro informe del año siguiente situaba a un 82% de los internautas españoles como usuarios de redes sociales, teniendo una gran actividad los usuarios entre 50 y 65 años, con Facebook en el primer lugar, no solo como la red más accedida, sino también en la que pasaban más tiempo. Dicho informe también indicaba un alto crecimiento en el uso de las redes sociales en España, tomando como ejemplo a Twitter, que en el año 2011 había doblado su crecimiento con relación al año anterior [18]. Actualmente, una reconocida herramienta on line sobre posicionamiento (consultado por países), sitúa a Google en primer lugar, seguido de Facebook, MSN y Twitter como sitios de mayor preferencia en España [19].

3. METODOLOGIA

Con el objetivo de determinar el nivel de usabilidad de las redes sociales y herramientas de comunicación y búsqueda (seleccionadas por su posicionamiento, según aparece en el apartado anterior), se ha seleccionado una lista de directrices, obtenidas a partir de las directrices del NIA [20], algunas pautas del proyecto de accesibilidad web para mayores de la W3C [21], y criterios de evaluación de formularios usables [22]. En resumen, las pautas para la evaluación heurística comprenden un total de setenta y siete directrices, seleccionadas para evaluar la legibilidad, presentación de la información, uso de medios, navegación, control y libertad del usuario, información de contacto y ayuda, y formularios usables [23].

Aunque diversos autores, entre ellos Nielsen, destacan la conveniencia de que se utilice un grupo de evaluadores, en este caso, ya que no se trata de una evaluación para realizar un rediseño de los sitios web evaluados, si no que forma parte de un trabajo de investigación para establecer la incidencia que tienen los heurísticos en los usuarios de tercera edad, la evaluación ha sido realizada por un único evaluador.

Los navegadores utilizados para comprobar la directriz referente al uso de unidades relativas que permitan al usuario cambiar el tamaño de los elementos han sido Google Chrome, Internet Explorer 7.0 y Mozilla Firefox 8.0.

Luego se llevó a cabo una valoración de las directrices para calcular los niveles de cumplimiento con relación al número de directrices (estableciendo una escala de 0-3, siendo 3 la nota ideal; y obtener los porcentajes de la sumatoria de la puntuación real obtenida/puntuación ideal). Dichos resultados han sido posteriormente confirmados mediante la realización de pruebas con usuarios, personas mayores de 60 años con conocimientos de informática de nivel básico y medio, (dos grupos de tres usuarios por cada uno de los sitios seleccionados, a los cuales se les pidió realizar las siguientes tareas: utilizar las opciones del navegador para aumentar el tamaño del texto (en caso de conocerlas), navegar por el sitio, realizar una búsqueda (no incluye redes sociales), registrarse, y contactar con la ayuda del sitio. Cabe destacar que no se pretende comparar ambos métodos, sino utilizarlos como métodos complementarios para determinar la incidencia de las directrices utilizadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la evaluación heurística y las pruebas de usuarios.

4.1 Resultados de la evaluación heurística de redes sociales

En los resultados de la evaluación heurística, el mayor nivel de legibilidad lo ha tenido la red social Tuenti, con un 92% de cumplimiento, seguida de Facebook y Twitter, que han tenido un 79% de cumplimiento, como se puede apreciar en la figura 1. En cuanto a la presentación de la información, la red con el nivel de cumplimiento más alto ha sido Facebook, con un 100%, seguido de Twitter, con un 91%, y la red con el nivel más bajo ha sido Tuenti, con un 76%. Referente al uso de medios, el nivel de cumplimiento de las redes Facebook y Twitter ha sido de un 100%; para la red Tuenti no se han considerado estos parámetros, ya que resultaba difícil determinar cuáles imágenes eran relevantes y cuáles no, debido a la extraña naturaleza del sitio.

La red social con mayor nivel de cumplimiento de las directrices referentes a la navegación ha sido Facebook, con un 84%, seguido de Tuenti, con un 71%; mientras que Twitter tuvo el nivel más bajo, con un 69%. En cuanto a las directrices referentes al control y libertad del usuario, todas las redes sociales han tenido un nivel de cumplimiento de un 100% de las directrices evaluadas. Respecto a las directrices referentes a la información de contacto y ayuda, el nivel más alto de cumplimiento lo ha tenido Tuenti, con un 74%, seguido de Twitter, con un 62%; mientras que Facebook ha tenido el nivel más bajo: un 54% de cumplimiento. Y finalmente, en cuanto a las directrices referentes a formularios usables, la red social con el nivel más alto de cumplimiento ha sido Twitter, seguido de Tuenti, con un 87%; mientras que el nivel más bajo lo ha tenido Facebook, con un 78%.

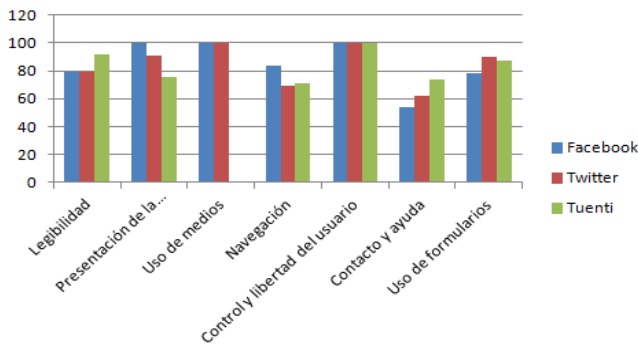


Figura 1. Nivel de cumplimiento (redes sociales)

4.2 Resultados de la evaluación heurística de herramientas de comunicación y búsqueda

El mayor nivel de cumplimiento en cuanto a las directrices referentes a la legibilidad lo ha tenido Google, con un 93%, seguido de Yahoo, con un 76%, mientras que el nivel más bajo lo ha tenido MSN, con un 72% de cumplimiento, como se puede apreciar en la figura 2. En cuanto a la presentación de la información, Google con su diseño minimalista ha tenido un cumplimiento del 100%, seguido de Yahoo con un 71%; y con el nivel más bajo, MSN, con un 61%. En cuanto al uso de medios, Google ha tenido un 100% de cumplimiento en la única directriz tomada en cuenta para la evaluación (referente al uso de imágenes, las referentes al uso de medios no aplican); seguido de Yahoo, con un 50%, y MSN con el nivel más bajo, un 48%.

El servicio de buscador/correo con mayor nivel de cumplimiento en la navegación ha sido Google, con un 94%; teniendo MSN y Yahoo unos niveles más bajos, un 70% y un 67% respectivamente. En cuanto al control y libertad del usuario,

Google ha tenido un nivel de un cumplimiento de un 100%; mientras que Yahoo y MSN han tenido un bajo nivel de cumplimiento (un 44%). Respecto a las directrices referentes a la información de contacto y ayuda, el nivel de cumplimiento más alto lo ha tenido Yahoo, un 81%; seguido de Google, con un 79%, y el nivel más bajo lo ha tenido MSN con un 45%. Y finalmente, en cuanto a las directrices referentes a formularios usables, el nivel más alto de cumplimiento lo ha tenido MSN con un 84%; seguido de Google, con un 81%, y el nivel más bajo lo ha tenido Yahoo, con un 73% de cumplimiento en las directrices evaluadas.

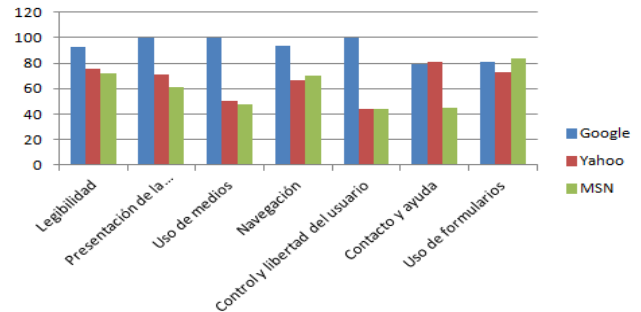


Figura 2. Nivel de cumplimiento (herramientas de comunicación y búsqueda)

4.3 Resultados de las pruebas de usabilidad

Los principales resultados de las pruebas fueron los siguientes:

- Algunos usuarios no conocían las opciones del navegador para aumentar el tamaño del texto.
- En la sección ayuda, se hizo evidente la dificultad al navegar debido a la falta de un enlace a la página de inicio (Twitter y MSN), y de “migas de pan” (Tuenti, Twitter y MSN).
- Los mayores problemas encontrados al completar el formulario estaban relacionados con los mensajes de error, y que no se diferencia los datos opcionales de los obligatorios. Además, en dos de las herramientas evaluadas, el CAPTCHA visual era ilegible y el sonoro era incomprensible.
- Ha sido imposible contactar con la ayuda, ya que no existía un verdadero enlace para contactar con el sitio (Tuenti y Twitter), y en el caso de Facebook, directamente no proporciona información de contacto. En el caso de las herramientas de comunicación y búsqueda, resultó imposible.

5. CONCLUSIONES

Al contrastar los resultados de la evaluación heurística con los resultados obtenidos en el test de usuarios, se ha podido determinar las directrices que han tenido mayor incidencia. Como recomendación final, se sugiere tomarlas en cuenta con el propósito de mejorar la usabilidad.

En cuanto a la **legibilidad**, el tamaño de la letra es importante, ya que en el test de usuarios fue posible determinar que algunos usuarios desconocen las opciones del navegador para aumentar el tamaño de la letra. Por otra parte, en la **organización de la información** es importante que las secciones estén correctamente identificadas y ordenar la información por su nivel de relevancia. En la **navegación**, destaca la importancia de proporcionar un verdadero enlace a la página principal a lo largo del sitio y proporcionar “migas de pan”. En cuanto al **uso de formularios**, diferenciar los campos opcionales de los obligatorios, y proporcionar la ayuda necesaria para recuperarse de los errores. Además, es necesario respetar el principio básico de **control y libertad y del usuario**. Y finalmente, debe ser fácil (y realmente posible) **contactar con la ayuda** del sitio.

Referente a los usuarios mayores, es necesario destacar que escriben con más lentitud, les cuesta decidir qué hacer o dónde pulsar y se toman su tiempo en analizar lo que hacen. Sin embargo, lo compensan con una gran disposición. Se esfuerzan por leer y comprender todo el texto, por lo que realizar cualquier tarea les toma mucho más tiempo, y su dificultad en el manejo del ratón es real.

6. REFERENCIAS

- [1] Nielsen, J. 2001. Beyond Accessibility: Treating People with Disabilities as People. [on line]. Fremont: Jakob Nielsen Consulting, nov. 2001. Available: <www.nngroup.com/articles/beyond-accessibility-treating-users-with-disabilities-as-people/>
- [2] Krug, S. 2001. *No me hagas pensar. Una aproximación a la usabilidad*. Madrid: Pearson Educación, S.A, 2001, pp. 210.
- [3] INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2012. Nota de prensa [en línea]. Madrid: Instituto Nacional de Estadística. Disponible: <www.ine.es/prensa/np744.pdf>
- [4] Uruña, A. (coord.) 2009. Perfil socio demográfico de los internautas - Análisis de Datos INE 2009[en línea]. Madrid: Equipo de Estudios del ONSTI, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, feb. 2009. Disponible: <www.ontsi.red.es/ontsi/sites/default/files/1265626441325.pdf>
- [5] WHO 2013. Health statistics and health information systems. Definition of an older or elderly person [on line]. witzerland: World Health Organization 2013. Available: <www.who.int/healthinfo/survey/ageingdefolder/en/index.html>
- [6] INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2012. Cifras INE [en línea]. Madrid: Instituto Nacional de Estadística. Disponible: <www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=Page&cid=1254735116567&p=1254735116567&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayou>
- [7] INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2013. INE Base. Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los hogares 2012 [en línea]. Madrid : Instituto Nacional de Estadística. Disponible: <www.ine.es/jaxi/tabla.do?path=/t25/p450/a2012/10/&file=01002.px&type=pcaxis&L=0Page&cid=1254735116567&p=1254735116567&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout>
- [8] Hassan Montero, Y., & Martín Fernández, F. J. 2003. Método de test con usuarios [en línea]. España: No solo usabilidad, dic. 2003. Disponible: <www.nosolousabilidad.com/articulos/test_usuarios.htm>
- [9] Krug, S. 2010. *Haz fácil lo imposible. La guía para detectar y determinar los problemas de usabilidad*. Madrid: Anaya Multimedia, 2010, pp. 224.
- [10] Nielsen, J. 2000. Why you only need to test with 5 users? [on line]. Fremont: Jakob Nielsen Consulting, March 2000. Available: <www.useit.com/alertbox/20000319.html>
- [11] Virzi, R. A., Sokolov, J. L., & Karis, D. 1996. Usability Problem Identification Using Both Low- and High-Fidelity Prototypes. *ACM Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (Vancouver, Canada, April 1996). CHI'96. ACM, New York, NY, pp. 236-243. DOI=10.1145/238386.238516
- [12] Lewis, J. R. 2005. Sample Sizes for Usability Tests: Mostly Math, Not Magic. *ACM Interactions* (Vancouver, Canada, Dec. 2006). CHI'06. ACM, New York, NY, pp. 29-33. DOI=10.1145/1167948.1167973
- [13] AGETECA, 2009. Redes sociales [en línea]. Guadalajara (España): AGETEC & Ministerio de Cultura, marzo 2009. Disponible: <www.agetec.org/ageteca/redes_sociales.htm>
- [14] NIELSEN, 2009. Global Faces and Networked Places. A Nielsen report on Social Networking's New Global Footprint [en línea]. NIELSEN, marzo 2009. Disponible: <http://www.nielsen.com/content/dam/corporate/us/en/news_wire/uploads/2009/03/nielsen_globalfaces_mar09.pdf>
- [15] Muriel, S. 2008. ¿Por qué Twitwear?: Twitter: lo que cada uno quiere que sea [en línea]. Bit, no. 169, pp. 58-59, jun.-jul., 2008. Madrid (España): COIT, Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación – Asociación Española de Ingenieros de Telecomunicación. Disponible: <www.coit.es/publicaciones/bit/bit169/58-59.pdf>
- [16] ALEXA, 2010. Las 100 páginas más visitadas de España [en línea]. California: Alexa Internet, Inc. Available: <<http://www.alexa.com/siteinfo/google.com>>
- [17] TATUM, 2011. Informe de Internet en España y en el mundo [en línea]. Madrid (España): Consultora Tatum. Disponible: <www.tatum.es/intranet/tatum2003/fotos/pub_fichero506.pdf>
- [18] NIELSEN, 2011. The social media view in Spain [on line]. Madrid (España): The Nielsen Company. Available: <<http://www.slideshare.net/zoomlabs/nielsen-the-social-media-view-from-spain>>
- [19] ALEXA, 2013. Top Sites in Spain [en línea]. California: Alexa Internet, Inc. Available: <www.alexa.com/topsites/countries/ES>
- [20] NIA, NATIONAL INSTITUTE ON AGING, 2002. Making Your Web Site Senior Friendly. A Checklist [on line]. Bethesda: National Library of Medicine 2002. Available: <www.nlm.nih.gov/pubs/checklist.pdf>
- [21] W3C, 2009. WAI Guidelines and Older Web Users: Findings from a Literature Review [on line]. Cambridge: W3C Web Accessibility Initiative Age Project. Available: <www.w3.org/WAI/WAI-AGE/comparative.html>
- [22] USOLab, 2002. Formularios: Identificación de los campos opcionales [en línea]. España: No solo usabilidad, dic. 2002. Disponible: <www.nosolousabilidad.com/articulos/formularios_campos_opcionales.htm>
- [23] De Oleo Moreta, C., & Rodríguez Baena, L., 2013. Directrices para la evaluación de la usabilidad orientadas a personas mayores [en línea]. Madrid (España): Colimbo.net, jun. 2013. Disponible: <www.colimbo.net/heurísticos_3edad/directrices.html>

Grado de afectación de las barreras de accesibilidad web en usuarios con discapacidad intelectual

Afra Pascual
Grupo GRIHO

Departamento de Informática e
Ingeniería Industrial
Universitat de Lleida
apascual@diei.udl.cat

Mireia Ribera
Grupo Adaptabit

Departamento de Biblioteconomía y
Documentación
Universitat de Barcelona
ribera@ub.edu

Toni Granollers
Grupo GRIHO

Departamento de Informática e
Ingeniería Industrial
Universitat de Lleida
tonig@diei.udl.cat

RESUMEN

Dos versiones de un sitio web: accesible (sitio-A) y no accesible (sitio-NA) fueron testeados por usuarios con discapacidad intelectual (DI). Se recogieron datos de su estado de ánimo, eficiencia y efectividad al interactuar con diversas barreras de acceso al contenido web con el objetivo de comunicar esta información a autores de páginas web de una forma empática.

Los resultados muestran que los usuarios con DI testeados tienen un estado de ánimo más negativo al interactuar con las barreras *abreviaciones*, *texto complejo* y no disponer de *enlaces internos*, y un estado de ánimo más positivo al interactuar con las barreras *abrir enlaces en nueva ventana*, *enlaces ambiguos o genéricos* y *página sin encabezados*.

Categories and Subject Descriptors

H.1.2 User/Machine Systems

K.4 COMPUTERS AND SOCIETY

General Terms

Measurement, Experimentation, Human Factors, Verification

Keywords

Accesibilidad Web, Barreras, WCAG 2.0, Evaluaciones de accesibilidad, Comunicabilidad, Contenido accesible

1. INTRODUCCIÓN

Un gran número de sitios web tienen barreras de accesibilidad que dificultan el acceso a personas con discapacidad. Según [1] el 8,5% de la población española tiene alguna discapacidad y el 2% tiene algún tipo de discapacidad intelectual (DI). En este escenario la usabilidad y la accesibilidad merecen una atención especial por redundar en la calidad del contenido web, directamente relacionada con el acceso a la información de todas las persona.

Muchos desarrolladores piensan que hacer un sitio web accesible es hacer un sistema operable y perceptible para usuarios con discapacidad visual, auditiva y motora. Sin embargo, muy a menudo, se olvidan que los usuarios con DI tienen dificultades de memoria, concentración y distracción y necesitan textos sencillos, más contenido audiovisual y elementos que ayuden en la navegación por el sitio web [2].

Tradicionalmente para evaluar la accesibilidad de un sitio web se utilizan las pautas WCAG [3] o su equivalente en España, la normativa UNE 139803:2012 [4]. Con todo, ambas son un instrumento legal y su cumplimiento no garantiza en todos los

casos una accesibilidad real de un sitio web tal como señalan diversos autores [5], [6] y [7]. Aunque las pautas WCAG son un marco de referencia importante, se aconseja realizar pruebas de usuario a personas con discapacidad para evaluar el contenido y eliminar las barreras de acceso encontradas [8] y [9]. Además como señalan [10] y [11] las actuales pautas WCAG no consideran suficientemente las necesidades de personas con discapacidad intelectual.

Anteriores investigaciones [12] han evaluado la frustración de los usuarios sin discapacidad al navegar por la web o usar aplicaciones de escritorio. Otras investigaciones centradas en colectivos de usuarios con DI se limitan a analizar la complejidad de textos o bien analizan las dificultades de la navegación web, sin embargo, no profundizan en el efecto que las distintas barreras de accesibilidad provocan en éstos colectivos de usuarios. Una barrera es cualquier condición que impide la ejecución de un objetivo de un usuario con discapacidad [13].

El artículo recoge información sobre la interacción de un grupo de usuarios con DI al navegar en dos sitios web con contenido similar pero con características de accesibilidad opuestas. Un sitio web con barreras de accesibilidad (sitio-NA) y otro sitio web sin barreras de accesibilidad (sitio-A). El objetivo final del test es *comprender el grado de afectación de las barreras de contenido para transferir los resultados obtenidos en la mejora de la comunicación de los errores de accesibilidad web a usuarios Web 2.0 sin conocimientos técnicos elevados* [14]. Para ello, se recoge la autoidentificación del estado de ánimo del usuario, el tiempo de ejecución (teniendo en cuenta que se usa el thinking aloud), el número de asistencias prestadas al usuario y el porcentaje de éxito en la ejecución de las tareas planteadas.

2. CONTEXTO DEL ESTUDIO

Se utilizó el sistema de gestión de contenidos (CMS) Wordpress¹ para crear dos sitios web con información que puede ofrecer una oficina de turismo: Ávila (sitio-NA)² y Salamanca (sitio-A)³. Ambos sitios web se organizaban en 4 páginas: la ciudad, monumentos, alojamiento y contacto. Para la creación del sitio-A se siguió la metodología presentada en [15] y se configuró el entorno de Wordpress para hacerlo más accesible: uso de plantillas accesibles (TwentyTenFive⁴) y (Accessible-five⁵), uso de codificación HTML cuando el editor web no ofrecía el suficiente soporte de accesibilidad en etiquetas HTML y uso de módulos que mejoraban la accesibilidad de diversos elementos

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

¹ Wordpress: <http://wordpress.org/>

² Sitio-NA: <http://193.144.12.82/accesibilidad/wpA>

³ Sitio-A: <http://193.144.12.82/accesibilidad/wpB>

⁴ TwentyTenFive: <http://www.twentytenfive.com/>

⁵ AccessibleFive: <http://accessible.sprungmarker.de/2011/04/accessible-five/>

interactivos. Para la creación del sitio-NA se utilizó la configuración estándar que ofrece Wordpress: se eligió la plantilla predefinida (Twenty Twelve) y no se instalaron módulos externos. El contenido se añadió copiando el texto directamente en el editor web y subiendo las imágenes tal y como podría hacerlo cualquier persona sin formación en accesibilidad.

Tabla 1. Lista de elementos contenidos en cada página y entre paréntesis resultado de problemas WCAG 2.0. (Páginas: 1 - La ciudad; 2 - Monumentos; 3 – Alojamiento; 4 - Contacto)

Pág	Contenido NO accesible (Sitio-NA)	Contenido accesible (Sitio-A)	
Todas las páginas	- Sin mapa web (2.4.5)	- Mapa web	
	- Sin título identificativo en la página (2.4.2)	- Título adecuado de la página	
	- Ningún elemento de acceso directo a las secciones de la página (2.4.1)	- Accesos directos dentro de la misma página	
	- Encabezados de página y sección sin formato adecuado (1.3.1, 2.4.10)	- Encabezados de sección con un formato claro	
	- Espacio interlineado en texto (1.4.8)	- Interlineado del texto adecuado	
	- Fuente de texto difícil de leer: "Times New Roman"	- Texto fuente tipo "Georgia"	
	- No validación de código HTML (4.1.1, 4.1.2)	- Validación del código HTML y CSS correcta	
	- Enlaces en nueva ventana (3.2.1, 3.2.5)	- Enlaces se abren en la misma ventana	
	1	- Uso de gráficos complejos (1.1.1, 1.2.1, 1.2.9, 1.3.1, 2.4.10)	- Uso Imágenes con pie de foto.
		- Texto complejo (3.1.5)	- Uso de lenguaje sencillo
- Texto con abreviaturas (3.1.4)		- Explicación de las abreviaturas	
- Tabla de datos compleja (1.3.1, 1.3.2)		- Tabla de datos sencilla	
2	- Listas no marcadas (1.3.1)	- Listas adecuadas	
	- Enlaces no identificados (2.4.4, 2.4.9)	- Enlaces con identificación del destino	
3	- Contenido en movimiento (2.2.2)	- Contenido fijo	
	- Texto complejo (3.1.5)	- Texto sencillo	
4	- Elementos de formulario sin identificar (1.3.1, 4.1.2, 2.4.6)	- Elementos de formulario identificados adecuadamente	
	- Información del formulario (3.3.1, 3.3.2)	- Información del formulario adecuada	

Antes de realizar la prueba de usuarios se evaluó el nivel de accesibilidad con las pautas WCAG 2.0 siguiendo la metodología propuesta por W3C [16]. Se analizó también la complejidad del texto con el índice de legibilidad Flesh-Kincaid adaptado al español⁶. El índice obtenido fue de 60% (texto normal) en el sitio-NA respecto al 80% (texto fácil de leer) en el sitio-A. La Tabla 1 muestra el contenido de cada sitio web y entre paréntesis los errores de accesibilidad WCAG 2.0 del sitio-NA.

Participaron en el estudio ocho usuarios (5 hombres y 3 mujeres) entre 30 y 50 años con DI límite (coeficiente intelectual entre 68-85 y que manifiestan un retraso o alguna dificultad concreta de aprendizaje) y ligera (coeficiente intelectual entre 52-68, con habilidades sociales y de comunicación, capacidad para adaptarse e integrarse en el mundo laboral y con un retraso mínimo en las áreas perceptivas y motora) [17]. Además se observaron otros tipos de déficits: visuales, de atención y problemas de coordinación y/o movilidad que se valoraron como no relevantes a los resultados de realización de las tareas. Todos los participantes tenían un nivel medio en el uso del ordenador y acceso a la Web. Pertenecían a la asociación de personas con discapacidad Virgen

del Pilar⁷ y al centro ocupacional de la Asociación Tutelar Asistencial de Discapacitados Intelectuales (ATADES)⁸ de Fraga (Huesca). (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los participantes.

Sexo	Diagnóstico	Pluridiscapacidad
Hombre	Síndrome de Down	Atención, Coordinación
Mujer	DI ligera	-
Hombre	DI ligera	-
Hombre	DI límite	Visual
Mujer	DI ligera	Atención, Coordinación
Hombre	DI límite	-
Mujer	DI límite	-
Hombre	Parálisis cerebral	Visual, Coordinación, Motora

Como metodología de evaluación se siguió la propuesta por [18]. Las pruebas se realizaron en las propias instalaciones del centro ocupacional. Antes de empezar cada prueba, el participante contestaba un cuestionario pre-test para obtener un completo perfil del usuario. Cada prueba de usuarios duraba entre 45 minutos y 1 hora y consistía en realizar 5 tareas. El orden en que se presentaban los sitios web a los usuarios se alternó para evitar sesgos de aprendizaje o fatiga. Se pidió a los usuarios que se identificaran con una emocard [19] describiendo su estado de ánimo al realizar cada tarea y de forma complementaria también se midió la eficiencia (tiempo para ejecutar la tarea, considerando que los participantes usaron un protocolo de pensamiento explícito) y la efectividad (grado de éxito en la ejecución).

3. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el test de usuarios organizados por barreras para observar cómo han impactado en los usuarios. Cada tabla muestra el tiempo medio para ejecutar la tarea, el número medio de asistencias prestadas a los usuarios, el porcentaje de participantes que han completado cada una de las tareas y finalmente la valoración de los usuarios respecto a su estado de ánimo al interactuar con la barrera. Al recoger los datos por tarea y no por barrera, en algunos casos se muestran simultáneamente los resultados de dos barreras.

3.1 Imágenes ricas sin texto equivalente

Esta barrera se puso en juego en la Tarea 1: Consultar un dato de un gráfico e indicar su valor. Los resultados obtenidos mostraron dificultades de comprensión del gráfico no ligadas a la existencia de un texto equivalente, y por ello fueron mejores en el sitio NA que en el sitio A. Todos los participantes supieron indicar en el sitio-NA la cantidad que pertenecía a cada dato identificado en el gráfico porque los números tenían una magnitud pequeña (entre 5 y 35). Sin embargo en el sitio-A la magnitud de los datos era mayor (entre 50.000 y 200.000) y no todos los usuarios pudieron realizar la tarea correctamente. La presentación de los números sin puntos de separación en el sitio-A también dificultaba su lectura. Seis usuarios manifestaron un estado de ánimo "Neutro" y 2 usuarios "Relajado" al interactuar con el gráfico del sitio-NA. Cinco usuarios manifestaron un estado de ánimo "Neutro" y 3 "Calmado" al interactuar con el gráfico del sitio-A. La Tabla 4 muestra los resultados. Al no estar los resultados relacionados con la tarea se han desestimado en las conclusiones.

Tabla 4. Resultados de la Tarea 1 (inicialmente barrera: Imágenes ricas sin texto equivalente; en realidad complejidad en la presentación de cantidades numéricas)

⁶ Readability index calculator: <http://www.standards-schmandards.com/exhibits/rix/index.php>, según Fernández-Huerta para el idioma español

⁷ Asociación de personas con discapacidad Virgen del Pilar: <http://www.asdivip.com>

⁸ ATADES: <http://www.atadeshuesca.org/seccionesCont.asp?id=105>

Sitio	Discapacidad	Tiempo	Asistencias	Finalización	Emocard
NA	DI limite	02:38	3	100%	Neutro (6) Relajado (2)
	DI ligera	03:02	11		
A	DI limite	02:15	4	50%	Neutro (5) Calmado (3)
	DI ligera	02:41	16		

3.2 Tabla de datos compleja – Acrónimos y abreviaciones

Todos los participantes tuvieron problemas para terminar la *Tarea 2*: *Indicar la temperatura del mes de marzo* en el sitio-NA debido a que la información se etiquetó como (tri), por trimestres, y su comprensión suponía una dificultad para los participantes con DI. La complejidad no fue únicamente por presentación en tabla de los datos, sino por la complejidad de la información presentada en trimestres. Se obtuvo un resultado mejor al ejecutar la misma tarea (T2) en el sitio-A porque la información se mostraba de forma más sencilla (mes a mes) y suponía menos esfuerzo a los usuarios con DI resolver la tarea. Al consultar los datos de la tabla del sitio-NA cinco usuarios se sintieron “Irritados” y tres “Calmados”. Al consultar los datos de la tabla del sitio-A seis usuarios se sintieron “Relajados” y dos “Calmados”. La Tabla 5 muestra estos resultados.

Tabla 5. Resultados de la Tarea 2 (Barreras: Tabla de datos compleja - Acrónimos y abreviaciones)

Sitio	Discapacidad	Tiempo	Asistencias	Finalización	Emocard
NA	DI limite	02:06	13	0	Irritado (5) Calmado (3)
	DI ligera	01:48	20		
A	DI limite	01:47	1	100%	Relajado (6) Calmado (2)
	DI ligera	02:41	16		

3.3 Enlaces ambiguos – Nueva ventana

Ambas barreras se pusieron en juego en la *Tarea 3*: *Accede a un enlace con información del monumento*. En el sitio-NA se utilizaron enlaces con el texto “más información” para vincular toda la información externa al sitio Web. La barrera no ocasionó problemas graves en la navegación y ejecución de las tareas. Los participantes no tuvieron problemas al abrir los enlaces en una nueva ventana en el sitio-NA, que pudieron cerrarlas y volver al sitio que estaban consultando sin ninguna dificultad. En el sitio-A los enlaces se abrían en la misma ventana. Seis usuarios manifestaron un estado de ánimo “Calmado” y dos “Neutro” al interactuar con los enlaces del sitio-NA y todos los usuarios se sintieron “Neutros” al interactuar con los enlaces del sitio-A. La Tabla 6 muestra los resultados.

Tabla 6. Resultados de la Tarea 3 (Barreras: Enlaces ambiguos - Contenido en nueva ventana)

Sitio	Discapacidad	Tiempo	Asistencias	Finalización	Emocard
NA	DI limite	03:10	6	100%	Calmado (6) Neutro (2)
	DI ligera	01:59	12		
A	DI limite	00:56	0		Neutro (8)
	DI ligera	01:43	5		

3.4 Contenido en movimiento–Texto complejo

Ambas barreras se pusieron en juego en la *Tarea 4*: *Reservar una habitación*. En el sitio-NA se añadió un elemento “gif” que escribía la palabra “Welcome” de forma continua, en el sitio-A no había ningún contenido en movimiento. Se observó que a los usuarios con DI limite no les molestaba, sin embargo, el 50% de los usuarios con DI ligera se distrajeron al ver el elemento animado y dejaban de lado la tarea que estaban realizando.

El texto del sitio NA se redactó con un grado de complejidad superior al texto del sitio A. Cabe considerar que los usuarios con

DI ligera leían toda la información textual de la página, que repercutía en una lentitud considerable al navegar por el sitio, y a pesar de esta lectura atenta no eran capaces de explicar qué habían leído o simplemente repetían la última frase. Cinco usuarios manifestaron un estado de ánimo “Aburrido” y tres “Calmado” al ejecutar la tarea 4 en el sitio-NA. Cinco usuarios se identificaron con un estado de ánimo “Neutro” y tres “Calmado” al realizar la tarea 4 en el sitio-A. La Tabla 7 muestra los resultados.

Tabla 7. Resultados de la Tarea 4. (Barreras: Contenido en movimiento - Texto complejo)

Sitio	Discapacidad	Tiempo	Asistencias	Finalización	Emocard
NA	DI limite	01:43	3	100%	Aburrido (5) Calmado (3)
	DI ligera	01:22	10		
A	DI limite	01:19	0	100%	Neutro (5)
	DI ligera	00:50	10	50%	Calmado (3)

3.5 Formulario sin ejemplos

Ésta barrera está relacionada con la *Tarea 5*: *envía un formulario*. El sitio-NA no informaba de qué tipo de datos se debían introducir en el sitio Web. Los usuarios con DI ligera tuvieron más dificultad para escribir en el formulario del sitio-NA: cometieron errores ortográficos o escribieron datos en campos equivocados. Además no prestaban atención a los errores y enviaban el formulario aunque no fuera correcto. Seis participantes manifestaron que se sintieron “Calmados” y dos “Neutros” al interactuar con el formulario del sitio-NA. Seis participantes manifestaron que se sintieron “Calmados”, uno “Neutro” y uno “Relajado” al interactuar con el formulario del sitio-A. La Tabla 8 muestra estos resultados.

Tabla 8. Resultados de la Tarea 5 (Barrera: Formulario sin ejemplos)

Sitio	Discapacidad	Tiempo	Asistencias	Finalización	Emocard
NA	DI limite	02:03	3	100%	Calmado (6)
	DI ligera	02:33	16	50%	Neutro (2)
A	DI limite	02:31	4	100%	Calmado (6)
	DI ligera	03:13	15	0	Neutro (1) Relajado (1)

3.6 Sin encabezados–Sin enlaces internos

A continuación se muestran resultados relacionados con la barrera de *sin enlaces internos* y *página sin encabezados*, barreras que no se relacionaron con ninguna tarea específica, pero que se observaron a lo largo del test:

- *Página sin encabezados*: Los participantes no tuvieron problemas para navegar por las cabeceras de la página ni para comprender los elementos indicados como título. Seis usuarios manifestaron un estado de ánimo “Neutro” y dos “Calmado” en el sitio-NA y siete participante manifestaron un estado de ánimo “Neutro” y uno “Calmado” respecto ésta barrera en el sitio-A.

- *Sin enlaces internos* : el sitio-NA no disponía de enlaces internos. En ocasiones, los usuarios clicaban a elementos que parecían un enlace y esperaban unos segundos a que sucediera alguna respuesta. El moderador del test finalmente debía informarles de la confusión. Entonces utilizaban la ruedecita del ratón para moverse por la página. En cambio, la mayoría de usuarios navegaron por el sitio-A utilizaron los enlaces internos que las páginas proveían. Seis usuarios se sintieron “Aburridos” y dos “Tristes” al no poder navegar rápidamente por el sitio-NA y siete se sintieron “Alegres” y uno “Relajado” al navegar por los enlaces directos del sitio-A.

4. CONCLUSION Y TRABAJO FUTURO

Este estudio ha explorado cómo influyen en la interacción y en el estado de ánimo de usuarios con DI las barreras de acceso web. Los datos obtenidos se usaran para comunicar de forma empática las consecuencias de un contenido no accesible a autores de páginas web.

Los resultados han permitido detectar qué barreras causan más dificultad y causan un estado de ánimo más negativo en los usuarios con DI (*tabla de datos y abreviaciones - irritado*), (*contenido en movimiento y texto complejo - aburrido*), (no disponer de *enlaces internos* para agilizar la navegación por la página - *aburrido*) y cuales no generan tanto impacto en los usuarios y además provocan un estado de ánimo más positivo (*abrir enlaces en nueva ventana y enlaces ambiguos o genéricos - calmado*), (*página sin encabezados - neutro*). La barrera de *formularios sin ejemplos* aunque causó dificultad en su ejecución provocó a los usuarios un estado de ánimo "Calmado". Se ha calculado la moda para obtener los datos de los estados de ánimo.

Una posible explicación de porqué los usuarios consideran algunos elementos no problemáticos como *enlaces ambiguos* o *formularios sin ejemplos* podría venir de la gran cantidad de problemas existentes actualmente en las páginas web que han forzado una adaptación y tolerancia por parte de los usuarios.

Los resultados obtenidos ayudan a tener una mejor comprensión del impacto de cada barrera de accesibilidad en los diferentes colectivos para posteriormente comunicar estos datos a autores de páginas web de una forma empática. Como trabajo futuro se continuará la investigación en el proyecto con otros colectivos de usuarios con discapacidades empleando la misma metodología de evaluación para ampliar las conclusiones.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto *Mejora de la Experiencia de Usuario para Infraestructuras de Datos Abiertos Gubernamentales Sostenibles* (InDAGuS-UX) (TIN2012-37826-C02-02) del Ministerio de Economía y Competitividad y por el *Convenio de colaboración firmado entre ACTIVA MÚTUA 2008 y la Universidad de Lleida para desarrollar tecnologías y proyectos que posibiliten la adaptación y reinserción laboral de personas con discapacidad en el ámbito de las TIC*. El financiamiento ha ido a cargo también de la beca predoctoral de la Universitat de Lleida concedida a Afra Pascual.

Gracias a los usuarios del centro ocupacional Virgen del Pilar y ATADES de Fraga por su participación en éste estudio y un especial agradecimiento a monitores y dirección de los centros por su disponibilidad para realizar el estudio.

6. REFERENCIAS

[1] Instituto Nacional de Estadística (INE) (2008). Encuesta de Discapacidad Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia. <http://www.ine.es>.

- [2] Shadi Abou-Zahra (2012) How People with Disabilities Use the Web. ed. Copyright © 2012 W3C® (MIT, ERCIM, Keio). <http://www.w3.org/WAI/intro/people-use-web/Overview>
- [3] Caldwell, B., Cooper, M., Reid, L and Vanderheiden, G. (2008). Web content accessibility guidelines 2.0. <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>
- [4] Norma UNE 139803:2012 (2012) <http://administracionelectronica.gob.es/PAe/accesibilidad/UNE139803=2012.pdf>
- [5] Power, C, Freire, A, Petrie, H and Swallow, D (2012). Guidelines are only half of the story: accessibility problems encountered by blind users on the web. In Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '12, pages 433-442, 2012.
- [6] Rømen, D., and Svanæs, D. (2011). Validating WCAG 1.0 and WCAG 2.0 through Usability Testing with Disabled Users. Universal Access in the Information Society, 1-11.
- [7] Vigo, M., & Harper, S. (2013). Evaluating accessibility-in-use. In Proceedings of the 10th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (p. 7). ACM..
- [8] Henry, S.L. (2008) Simplemente pregunta: Integración de la accesibilidad en el diseño. www.uiAccess.com/JustAsk/es/
- [9] BSI (2006) Guide to good practice in commissioning accessible websites, BSI PAS 78. <http://www.bsi-global.com/en/Shop/PublicationDetail/?pid=00000000030129227>
- [10] Moreno, F., Coret, J., Jiménez, E., Márquez, S., & Alcantud, F. (2012). Evaluation of web browsing experience by people with cognitive disability. In Proceedings of the 13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador (p. 38). ACM.
- [11] Hanson, V. L. and Richards, J. T. (2013). Progress on website accessibility? ACM Trans. Web 7, 1, Article 2 (2013), 30 pages. DOI:<http://dx.doi.org/10.1145/2435215.2435217>
- [12] Lazar, J., Jones, A., Hackley, M., & Shneiderman, B. (2006). Severity and impact of computer user frustration: A comparison of student and workplace users. *Interacting with Computers*, 18, 187-207.
- [13] Brajnik, G. (2006) Web accessibility testing with barriers walkthrough. www.dimidi.uniud.it/giorgio/projects/bw,
- [14] Pascual, A, Ribera, M, Granollers, T, (2012) Perception of accessibility errors to raise awareness among web 2.0 users. In Proceedings of the 13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador (INTERACCION '12). ACM, New York, NY, USA, Article 16 , 2 pages. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/2379636.2379652>
- [15] López, JM, Pascual, A, Meduñá, C, Granollers, T, (2012) Methodology For Identifying And Solving Accessibility Related Issues In Web Content Management System Environments. In Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A '12). ACM, New York, NY, USA, Article 32 , 8 pages. DOI=10.1145/2207016.2207043
- [16] Velleman, E. Abou-Zahra, S. (2013) Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0 - <http://www.w3.org/TR/WCAG-EM/>
- [17] American Psychiatric Association (1994) Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, (DSM-IV). ISBN: 844580297-6
- [18] Rubin, J. (1994) Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design and Conduct Effective Tests. John Wiley& Sons, NY[etc]. 1994
- [19] Desmet PMA, Vastenburg MH, Van Bel D, Romero, NA (2012). Pick-A-Mood; development and application of a pictorial mood-reporting instrument. In: J. Brassett, P. Hekkert, G. Ludden, M. Malpass, & J. McDonnell (Eds.), Proceedings of the 8th International Design and Emotion Conference, Central Saint Martin College of Art & Design, London (UK), 11-14 September 2012.

Actividades Educativas en Mesas Multicontacto para Alumnos con Discapacidad Intelectual

Silvia Rosado, David Roldán, Estefanía Martín
Universidad Rey Juan Carlos
c/ Tulipán s/n
28933 Móstoles
+3491-488-8266
{silvia.rosado, david.roldan, estefania.martin}@urjc.es

Pablo A. Haya, Manuel García-Herranz
Universidad Autónoma de Madrid
c/ Tomás y Valiente 11
28049 Madrid
+3491-497-2292
{pablo.haya, manuel.garciaherranz}@uam.es

Alberto Sánchez Alonso, María Luisa Berdud
Fundación Síndrome de Down de Madrid – Proyecto TIC
C/ Caídos de la División Azul, 21, 28016 Madrid, España
+3491-310-5364
{alberto.sanchez, marialuisa.berdud}@downmadrid.org

RESUMEN

Las tecnologías de la información abren un abanico de posibilidades a los docentes de hoy en día. Dentro del área de la educación especial, las TIC ofrecen ventajas ya que permiten presentar material adaptado a las necesidades particulares de cada usuario. En los últimos años y gracias al surgimiento de los dispositivos táctiles, se han desarrollado diversos materiales y aplicaciones orientadas a distintas materias para este tipo de superficies. En este artículo se presentan los detalles de un caso de estudio realizado con 52 alumnos de la Fundación Síndrome de Down de Madrid que realizaron un conjunto de actividades educativas sobre una mesa multicontacto.

Categorías y descriptores del tema

K.3.1 Computer Uses in Education.

Términos generales

Measurement and Experimentation.

Palabras clave

Discapacidad intelectual, interacción, aprendizaje, mesas multicontacto.

1. INTRODUCCIÓN

Las interfaces tradicionales no permiten que varios usuarios interactúen a la vez con la misma aplicación debido a que están controladas por un único dispositivo de entrada como puede ser el ratón o el teclado. Esto genera que los usuarios compitan por el control del dispositivo y tiendan a aburrirse, no explotándose las ventajas que supondría una colaboración cara a cara [1]. Durante la última década ha crecido el interés por los dispositivos táctiles, ya que permiten que varios usuarios colaboren a la vez a través de gestos naturales, lo que genera una mejor comunicación y comprensión. De esta forma, los usuarios se centran en el contenido, resuelven problemas colaborativos más rápidamente y adquieren determinadas habilidades sociales que no podrían. Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

alcanzase mediante el uso de una interfaz tradicional [2].

Dentro del ámbito de los dispositivos táctiles, en los últimos años se ha prestado especial atención al desarrollo de aplicaciones accesibles destinadas a personas con discapacidad cognitiva. Este tipo de dispositivos favorece que la interacción sea más natural y fácil utilizando los dedos de la misma manera que lo hacen en la vida cotidiana [3]. Las personas con síndrome de Down y/o discapacidad intelectual, crecen en una sociedad rodeada de elementos tecnológicos y aunque se han estudiado detenidamente las características de los mismos, el conocimiento sobre cómo el uso de las tecnologías de la información les influye es muy limitado [4].

La inclusión de las tecnologías en las aulas ha sido muy útil dentro del ámbito de la educación. En concreto, la tecnología ofrece nuevas oportunidades para aprender, compartir información y ganar independencia a los usuarios con necesidades especiales [5]. La tecnología puede ayudar a aumentar la confianza y la motivación a través del desarrollo de actividades creativas. Incluye además determinadas ventajas tales como favorecer un aprendizaje sin errores, la posibilidad de ofrecer al usuario un refuerzo inmediato y personalizado, o adaptar el aprendizaje al ritmo de cada alumno dependiendo de sus necesidades concretas, entre otros.

Un ejemplo de los beneficios del uso de la tecnología en el proceso de aprendizaje de los alumnos puede encontrarse en el estudio realizado por Ortega-Tudela y Gomez-Ariza donde los participantes eran personas con síndrome de Down trabajando actividades educativas relacionadas con el área de las matemáticas [6]. Dicho estudio presenta cómo los estudiantes que trabajaron con medios tecnológicos tuvieron un mayor rendimiento que los que realizaron las mismas actividades en papel. Esta mejora se debía por un lado a los contenidos y por otro a la navegación entre los mismos. Tanto la secuenciación de las tareas a realizar como el hecho que los contenidos fueran presentados de una forma más visual a los alumnos, influyeron notablemente en su rendimiento.

Ejemplos de aplicaciones educativas desarrolladas para dispositivos táctiles orientadas a personas con discapacidad intelectual serían las presentadas por Muro Haro et al. [7] o el trabajo de Lingnau [8]. En la primera, se presenta una aplicación

cuyo objetivo es el aprendizaje de la lectura. En este estudio, se pudo apreciar que los estudiantes incrementaban su interés cuando estaban interactuando con esta aplicación mientras realizaban distintas actividades. Por otro lado, el trabajo de Lingnau se centró en el estudio del proceso de colaboración de alumnos con discapacidades cognitivas fomentando la comunicación verbal entre los participantes. Los estudiantes tenían que resolver un puzle utilizando tabletas de forma colaborativa. Cada estudiante poseía unas piezas del puzle. De esta forma, se forzaba la colaboración ya que era imposible resolverlo sin la ayuda de todos los participantes.

Aunque la mayoría de los casos de uso de las tecnologías en las aulas son beneficiosos, en ocasiones puntuales puede que algunas aplicaciones no sean capaces de alcanzar los objetivos educativos debido a que no dispongan de los contenidos apropiados o que no promuevan un aprendizaje independiente [9]. Por este motivo no sólo es importante que la aplicación esté diseñada y sea accesible para personas con necesidades educativas especiales sino que también, es un factor fundamental, que los contenidos utilizados se adecuen a las características de los usuarios.

En este artículo se presenta los detalles de un caso de estudio con actividades educativas sobre una mesa multicontacto donde los participantes fueron alumnos con discapacidad intelectual. Las actividades se diseñaron con el programa DEDOS-Editor, aplicación que utiliza el profesor para crear actividades individuales y colaborativas para su posterior realización en varios dispositivos (ordenadores personales, pizarras digitales y dispositivos multicontacto) usando la herramienta DEDOS-Player. Ambas herramientas están enmarcadas dentro del proyecto DEDOS [10].

2. CASO DE ESTUDIO

El objetivo de este caso de estudio fue por un lado, observar si los usuarios con discapacidad intelectual interactuaban sin problemas con mesas multicontacto y si su uso era sencillo e intuitivo a la hora de realizar actividades educativas. Por otro lado, también se quería medir si al realizar estas actividades educativas sobre la mesa, se producía aprendizaje significativo.

Los siguientes apartados detallan las características de los participantes, la metodología que se llevó a cabo y cuáles fueron los instrumentos de medida utilizados.

2.1 Participantes

En total participaron en el estudio 52 estudiantes adultos de la Fundación Síndrome de Down de Madrid (en adelante Down Madrid), entre los cuales había 19 hombres y 33 mujeres con edades comprendidas entre 18 y 34 años. La media de edad de los participantes fue de 21 años.

Los estudiantes realizarían las actividades alrededor de la mesa multicontacto en distintos grupos de trabajo. Debido a la variación de las habilidades entre los participantes, se decidió hacer los grupos de trabajo lo más heterogéneos posibles, para lo cual se hizo uso de la escala de inteligencia RIAS (*Reynolds Intellectual Assessment Scales*) [11]. En el estudio presentado en este trabajo, los profesionales del equipo TIC de Down Madrid fueron los encargados de obtener los datos de los sujetos y de organizarlos en grupos heterogéneos. Fruto de esta organización de los participantes, se formaron 16 grupos de 3 o 4 personas.

2.2 Metodología

La metodología seguida para el desarrollo de este caso de estudio fue la siguiente: elección del tema sobre el cual se crearían las actividades educativas, estructuración del caso de estudio en sesiones y definición de las tareas a realizar en cada una de ellas, creación de las actividades educativas, realización de instrumentos de medida, desarrollo de las actividades en la mesa multicontacto, y por último, la evaluación de los resultados obtenidos y extracción de conclusiones.

El tema elegido para las actividades debía ser un tema en el que los alumnos apenas tuvieran un conocimiento previo, ya que se quería medir el aprendizaje, partiendo de un nivel bajo de conocimientos o incluso desconocido. El tema elegido fue el de “Instrumentos musicales” ya que no formaba parte del curriculum trabajado en la propia Fundación.

Una vez determinado el tema, y dado que las personas con discapacidad intelectual aprenden mejor mediante elementos visuales, se buscaron imágenes de instrumentos musicales reales con buena calidad para hacer las actividades. Se eligieron imágenes reales ya que, favorecen la transferencia del conocimiento desde la actividad educativa a objetos del mundo real y a color, para salvar cualquier tipo de discapacidad visual de los participantes. Además, las imágenes debían tener el mismo tamaño y aspecto además de visualizarse correctamente en una orientación que facilitara el reconocimiento del instrumento musical.

Posteriormente, se diseñaron los tipos de actividades que se les presentaría a los alumnos y que habría que crear con el programa DEDOS-Editor. En este proceso de creación de actividades se contó con la ayuda de los profesionales de Down Madrid con el objetivo de que las actividades se adecuaran al proceso de aprendizaje de los participantes y se lograra obtener un aprendizaje significativo. Se llegó a la conclusión que la mejor manera de realizar el estudio era haciendo actividades de tres tipos, ordenadas de menor a mayor dificultad y retirando los apoyos mientras se trabajaba con una colección de instrumentos musicales. Cada actividad tendría tres posibles respuestas de las cuales sólo una de ellas sería correcta. Para cada instrumento musical se realizaron tres actividades, una por cada uno de los tipos siguientes:

- Nombre de instrumento: En este primer tipo de actividad se mostraba al alumno información sobre el tipo de instrumento musical que es (cuerda, percusión o viento) junto con una ayuda visual del instrumento. Se pedía que seleccionase el nombre del instrumento entre tres opciones posibles.
- Tipo de instrumento: Dado un instrumento musical identificado por su nombre y por la imagen correspondiente se pedía que seleccionase el tipo de instrumento: cuerda, percusión o viento.
- Por último, los participantes tenían que realizar actividades donde se mostraba una imagen de un instrumento musical, y se le preguntaba al alumno bien por el nombre del instrumento que habían trabajado en el primer tipo de actividades, bien por el tipo de instrumento que habían trabajado en el segundo tipo de actividades. En este caso, se quitaba el apoyo complementario sobre el nombre del instrumento o sobre el tipo del mismo.

El siguiente paso fue planificar cómo se iban a realizar las actividades en diferentes sesiones. Se propusieron dos semanas

para la realización del estudio. En cada semana, participarían 8 grupos de participantes. El estudio estuvo estructurado en tres días: lunes, miércoles y viernes. En cada semana la metodología seguida fue la siguiente:

- Durante el primer día, al inicio de la sesión, los participantes realizaban en papel un pre-test que contenía preguntas sobre las actividades educativas, que posteriormente trabajarían en la mesa multicontacto. A continuación, se realizaba la primera sesión de actividades en la mesa donde se trabajaban los 8 instrumentos musicales siguientes: castañuelas, flauta, maracas, saxofón, piano, tambor, triángulo y bandurria por cada uno de los tipos de actividades. Por tanto, en total realizaron 24 actividades (8 instrumentos musicales trabajados en 3 tipos de actividades cada uno).
- En el segundo día, los alumnos realizaron una segunda colección de actividades con la mesa multicontacto, donde se trabajaban otros 8 instrumentos musicales distintos a los del primer día: violín, xilófono, banjo, campana, tuba, gong, guitarra, y arpa. Al igual que la sesión anterior, los participantes realizaban un total de 24 actividades.
- Por último, el viernes, los participantes completaron el post-test en papel que contenía exactamente las mismas preguntas que el pre-test realizado el lunes de la misma semana.

El siguiente paso fue crear las actividades educativas utilizando la herramienta DEDOS-Editor, evitando añadir elementos que pudieran introducir problemas de interacción. Por ejemplo, el movimiento de arrastrar un elemento a otro que tiene lugar en las actividades de emparejamiento, es un movimiento más complejo que el de selección el cual se realiza pulsando sobre un elemento. Alguno de los participantes presentaba problemas motrices y la interacción con gestos complejos podía incrementar el tiempo de desarrollo de la actividad frustrando al usuario cuando se produjeran problemas con la interacción de la mesa multicontacto. Por este motivo, las actividades con las que trabajaron los participantes fueron exclusivamente de selección de los tres tipos explicados anteriormente, con una disposición clara y concisa de los elementos visuales y textuales que les facilitara el aprendizaje.

Una vez diseñadas las actividades, los participantes las realizaron en la mesa multicontacto utilizando el programa DEDOS-Player. Un ejemplo de las actividades que desarrollaron los alumnos se puede observar en la figura 1.



Figura 1. Ejemplo del primer tipo de actividades

Este ejemplo se corresponde con una actividad del primer tipo, donde el alumno debe averiguar el nombre del instrumento musical. Además, en este ejemplo, habría tres participantes interactuando a la vez alrededor de la mesa. Para cada alumno, aparece una zona individual, donde tiene el enunciado de la actividad (compuesto por el tipo de instrumento y una imagen)

junto con las tres posibles respuestas con nombres de instrumentos musicales. La respuesta será seleccionada pulsando sobre la opción que crea correcta con el dedo. Una vez que el usuario marcara las respuestas, la aplicación ofrece una retroalimentación automática indicando si la respuesta facilitada fue correcta o no.

2.3 Instrumentos de medida

Como se ha nombrado anteriormente, para obtener el conocimiento previo de los estudiantes sobre el tema de instrumentos musicales, se realizó un pre-test. Este pre-test constaba de un total de 16 actividades donde cada una se refería a un instrumento musical con los que se estuvo trabajando a lo largo de las dos sesiones con la mesa. Se incluyeron 8 instrumentos de cada sesión en el pre-test. Además, los tipos de las actividades incluidas en el pre-test estaban distribuidas en 6 actividades del primer tipo (nombre del instrumento), 6 actividades del segundo (tipo del instrumento) y 4 actividades del tercero (eliminación de apoyos). Al finalizar el caso de estudio, los alumnos contestaron el post-test que contenía exactamente las mismas preguntas que el pre-test.

Además, durante las sesiones del estudio, también se utilizó la técnica de observación directa con el objetivo de anotar los posibles problemas de interacción y las acciones que realizaban los usuarios mientras se encontraban interactuando alrededor de la mesa.

3. EVALUACIÓN

Tras realizar el estudio de dos semanas con los alumnos con discapacidad intelectual, se recopilaron y analizaron todos los datos extraídos de las observaciones directas y tests realizados para medir el aprendizaje.

En primer lugar, a lo largo de las sesiones los alumnos no tuvieron grandes problemas de interacción con la mesa multicontacto pudiendo realizar las actividades educativas de una forma fluida. De forma muy esporádica, debido a algunos problemas con la luminosidad de la habitación y la forma en la que los participantes posicionaban el dedo, totalmente en vertical, hubo problemas a la hora de detectar pulsaciones sobre objetos en la mesa que en su mayoría fueron solucionados en el segundo intento.

Respecto a los resultados de aprendizaje, de los 52 participantes, hubo 47 participantes que completaron todas las sesiones del estudio. Por tanto, en el análisis siguiente sólo se tendrán en cuenta los resultados de estos 47 participantes.

Las figuras 2 y 3 muestran los resultados obtenidos por los alumnos tanto en el pre-test como en el post-test. En ambas figuras, por un lado, en el eje horizontal se representa la puntuación obtenida, mostrando el número de respuestas que acertaron. Las respuestas erróneas no afectan a la puntuación del mismo. Por otro lado, en la vertical se representa la frecuencia o el número de usuarios que obtuvieron una determinada puntuación.

Comparando las dos figuras, se puede observar que el número de aciertos en el post-test es más elevado en el pre-test. La mediana extraída del pre-test es de 13 frente a la mediana del post-test que es 14. Analizando los datos del pre-test y del post-test mediante el test de Shapiro-Wilk, se obtiene que las muestras no se ajustan a

una distribución normal ($p < 0.05$). Por tanto, se utiliza la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para analizar si hubo aprendizaje significativo. Al aplicar esta prueba se obtiene $p < 0.05$ por lo que se concluye que sí hubo aprendizaje significativo por parte de los alumnos de la FSDM en las actividades realizadas sobre instrumentos musicales en este estudio.

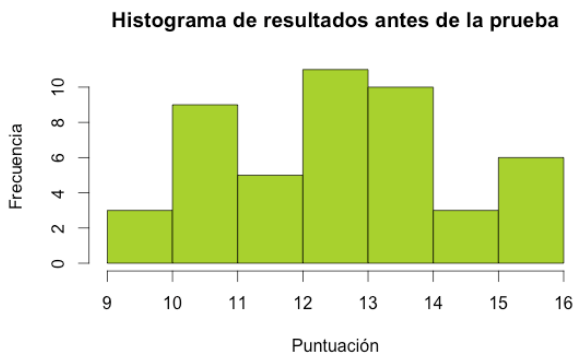


Figura 2. Distribución de puntuaciones del pre-test
Histograma de resultados después de la prueba

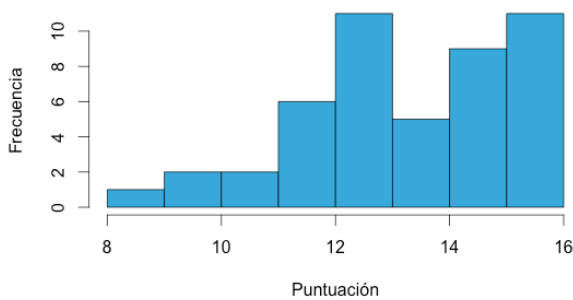


Figura 3. Distribución de puntuaciones del post-test

4. CONCLUSIONES

Esta experiencia novedosa muestra que las tecnologías ofrecen nuevas posibilidades al ámbito educativo que hacen que la motivación de los estudiantes se incremente mientras interactúan con distintos dispositivos tecnológicos.

En el caso concreto del estudio presentado en este trabajo, los 52 alumnos de la Fundación Síndrome de Down de Madrid interactuando de una forma fluida realizando actividades de tipo de selección con la mesa multicontacto. Además, como se ha visto en el apartado anterior, los resultados obtenidos en el pre-test y post-test son significativos y por tanto, demuestran que los participantes aprendieron mientras realizaban actividades educativas con la mesa multicontacto.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo del proyecto ASIES (TIN2010-17344) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España. También queríamos dar las gracias a los alumnos de Down Madrid, responsables y personal de Down Madrid por haber hecho posible este estudio.

6. REFERENCIAS

- [1] Philip Tuddenham, David Kirk, and Shahram Izadi. 2010. *Graspables revisited: multi-touch vs. tangible input for tabletop displays in acquisition and manipulation tasks*. In Proc. CHI '10, pp 2223-2232.
- [2] M. Plichta, M. Nischt, G. Joost, and M. Rohs. *Touching newton: around multi-touch table for collaborative learning among children*. In *Proceedings of the 12th International Conference on Human-Computer Interaction*. (Beijing, China, July 22-27, 2007)
- [3] Cantón, P., González, Á. L., Mariscal, G., & Ruiz, C. (2012). Applying new interaction paradigms to the education of children with special educational needs. In *Computers Helping People with Special Needs, LNCS 7382* (pp. 65-72). Springer Berlin Heidelberg.
- [4] Dawe, M. 2007. Understanding mobile phone requirements for young adults with cognitive disabilities. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. (San Jose, USA, Abril 30-May 03, 2007) CHI'07, ACM, New York, NY, 179-186.
- [5] Seegers, M. 2001. Special Technological Possibilities for Students with Special Needs. *Learning & Leading with Technology*, 29(3): 32-39.
- [6] Ortega-Tudela, J. and Gomez-Ariza, C. 2006. Computer assisted teaching and mathematical learning in Down syndrome children. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22: 298-307. DOI = <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00179.x>
- [7] Muro, B. P., Santana, P. C. and Magaña, M. A. 2012. Developing reading skills in children with Down syndrome through tangible interfaces. In *Proceedings of the 4th Mexican Conference on Human-Computer Interaction* (Ciudad de México, México, Octubre 3-5, 2012) (MexIHC '12). ACM, New York, NY, USA, 28-34. DOI = <http://doi.acm.org/10.1145/2382176>.
- [8] Lingnau, A., Zentel, P., & Cress, U. (2007). Fostering collaborative problem solving for pupils with cognitive disabilities. In C. A. Chinn, G. Erkens, & S. Puntambekar (Eds.), *Proceedings of the Computer Supported Collaborative Learning Conference 2007: International Society of the Learning Sciences* (Rutgers University, New Brunswick, NJ, USA, Julio 16-21, 2007) CSCL'07, 447-449). New Brunswick: International Society of the Learning Sciences.
- [9] Lloyd, J., Moni, K., and Jobling, A. 2006. Breaking the hype cycle: Using the computer effectively with learners with intellectual disabilities. *Down Syndrome Research and Practice*, 9(3): 68-74.
- [10] Proyecto DEDOS: <http://hada.ii.uam.es/dedos>. Último acceso: 17 de Abril del 2013.
- [11] Reynolds, C. R., and Kamphaus, R. W. (2003). *Reynolds Intellectual Assessment Scales and Reynolds Intellectual Screening Test professional manual*. Lutz, FL: Psychological Assessment Resources.

Implementación de Iconos Hápticos para Mejorar la Experiencia de las Personas con Discapacidad Visual en el Uso de Smartphones

Pedro M. Galdón
Departamento de Tecnología
Electrónica
Universidad de Málaga
pedro.m.galdon@gmail.com

R. Ignacio Madrid
Fundosa Technosite (Fundación
ONCE)
nmadrid@technosite.es

José L. López
Departamento de Tecnología
Electrónica
Universidad de Málaga
jl_lopez2@hotmail.com

Ernesto J. de la Rubia-
Cuestas
Departamento de Tecnología
Electrónica
Universidad de Málaga
ernestodelarubia@uma.es

Antonio Díaz-Estrella
Departamento de Tecnología
Electrónica
Universidad de Málaga
adiaz@uma.es

ABSTRACT

El presente artículo muestra las líneas de trabajo que los autores están llevando a cabo, referentes a la mejora de la experiencia de usuario en smartphones para personas con discapacidad visual. Con este objetivo, se diseñan e implementan dos aplicaciones que hacen uso de iconos hápticos, una orientada a que el usuario pueda distinguir a través del tacto las diferentes alertas que emiten las aplicaciones en su smartphone, y la otra orientada a la mejora de la exploración táctil de la pantalla.

Categoría

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – Haptic I/O.

Términos Generales

Design.

Palabras clave

Smartphone, icono háptico, tacto, interfaces para personas con discapacidad visual.

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las interfaces existentes en dispositivos móviles se basan en la visión para comunicar la información al usuario. No obstante, la interacción visual con dichos dispositivos a menudo es insuficiente, debido al tamaño de su pantalla, y a veces inútil por encontrarse el dispositivo en el bolsillo cuando requiere la atención del usuario. El uso de señales acústicas para comunicar información de manera no visual es una alternativa, pero limitada cuando el entorno del usuario es ruidoso, se precisa silencio o se necesita el sentido del oído para realizar otras tareas. Otra posibilidad, menos explorada hasta el momento, para ofrecer un canal alternativo de comunicación es el sentido del tacto.

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

El uso del canal háptico se hace especialmente relevante cuando el usuario tiene algún tipo de discapacidad visual, dado que este grupo específico de usuarios tiene mejores habilidades hápticas y mayor facilidad para el aprendizaje de iconos hápticos [8] [9]. Por tanto, proveer de iconos hápticos a los smartphones podría ser especialmente beneficioso para los usuarios con discapacidad visual.

Este artículo muestra cómo podrían utilizarse patrones hápticos complejos (iconos hápticos) para, por una parte poder identificar las alertas provenientes de las aplicaciones de un smartphone, y por otra parte mejorar la exploración de la pantalla del smartphone a través del tacto.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

En la pasada década se llevaron a cabo investigaciones sobre dispositivos móviles, las cuales sugerían que los estímulos vibrotáctiles podrían ser utilizados para transmitir información diversa. Por ejemplo, a la par que se alerta al usuario de la recepción de un SMS, se podría también identificar el tipo, la prioridad/urgencia y el emisor del mensaje [2] [10]. Recientemente, con la aparición en el mercado de los smartphones de última generación, los sistemas de vibración incorporados a estos dispositivos permiten la transmisión de información compleja a través del canal háptico [3].

Para que los estímulos vibrotáctiles puedan comunicar información compleja, deben asociarse a significados, y construir lo que se denominan iconos hápticos (o *tactons*) [1] [14].

Existen líneas de investigación abiertas para estudiar los iconos hápticos más efectivos, perceptibles y agradables al tacto del usuario, haciendo que la experiencia de uso del smartphone mejore con la implementación de este tipo de retroalimentación táctil [11] [12] [16] [17]. Asimismo se están llevando a cabo trabajos relacionados con la mejora de la experiencia de usuario en la utilización de smartphones. Froehlich *et al.* recopilan información cualitativa y cuantitativa sobre el uso de los dispositivos móviles por parte del usuario, para poder comprender mejor cómo las personas utilizan y experimentan la tecnología móvil [7].

El área de investigación más cercana al presente estudio es la que explota dos de las principales ventajas de las interfaces hápticas,

la facilidad de captar la atención del usuario y su inmunidad al ruido ambiental, lo que las hace idóneas para transmitir alarmas y alertas. Los avances más significativos en el campo de la retroalimentación háptica para teléfonos y dispositivos móviles están siendo desarrollados por la compañía IMMERSION, la cual ha creado aplicaciones como Haptic Effect Preview®, una galería de iconos hápticos disponibles para desarrolladores de aplicaciones sobre plataforma Android, o Haptic Studio®, una herramienta que permite crear efectos hápticos basados en la vibración del motor del smartphone, a través de una interfaz de usuario gráfica amigable [13].

3. METODOLOGÍA

La tecnología de los dispositivos móviles ha evolucionado mucho en los últimos años, y en especial la vertiginosa evolución de los smartphones ha supuesto una verdadera revolución en los teléfonos móviles, generalizándose su uso, especialmente entre los usuarios con discapacidad visual. Los resultados de la investigación descrita en [8] demostraban que los usuarios con discapacidad visual recordaban y reconocían mejor los iconos hápticos que los usuarios sin discapacidad. Dichos resultados han propiciado continuar con esta línea de investigación, desarrollando dos aplicaciones para mejorar la experiencia de los usuarios de smartphones con la ayuda de iconos hápticos.

3.1 Aplicación HAPP

El objeto de la aplicación HAPP (Haptic App) es mejorar la identificación de las alarmas provenientes de las distintas aplicaciones de un smartphone, utilizando para ello iconos hápticos. La aplicación HAPP implementa un conjunto de 16 iconos hápticos asociados cada uno de ellos a una alerta proveniente de una aplicación del smartphone. Los iconos hápticos se han diseñado mediante la herramienta Haptic Studio® de IMMERSION, y las vibraciones implementadas son de corta duración (2-4 segundos), siguiendo un patrón rítmico que permite distinguir unas de otras fácilmente y ayuda a su memorización. La utilización del ritmo como base para conseguir que los iconos fueran distinguibles ya fue evaluada con éxito en [18]. La Figura 1 muestra uno de los patrones vibratorios diseñados para HAPP, en concreto el icono háptico asociado a la aplicación Facebook.

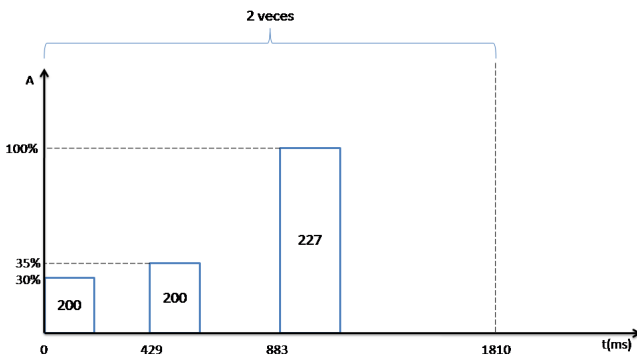


Figura 1. Patrón vibratorio de la aplicación Facebook.

El icono háptico se compone de tres pulsos vibratorios de diferente amplitud y duración, repitiéndose este patrón rítmico dos veces. La aplicación funciona sobre cualquier smartphone con sistema operativo Android, y dispone de ayuda audiodescrita, iconos visuales e iconos hápticos para que las personas con discapacidad visual puedan utilizar la aplicación sin dificultad. Siguiendo el proceso de aprendizaje propuesto en [6], la ejecución

de la aplicación se lleva a cabo en tres fases, dos de aprendizaje y una en la que los sujetos realizan el test que servirá de base al experimento para determinar la facilidad con la que recuerdan la asociación entre los iconos hápticos y las aplicaciones que envían las alertas.

Las tres etapas de la aplicación son:

- La etapa de Aprendizaje, donde al sujeto se le presentan los 16 iconos hápticos para su memorización. En esta etapa, el sujeto irá explorando la pantalla, y al pasar por cada icono se activará una locución que identificará la aplicación asociada al icono visual sobre el que está deslizando su dedo. Al pulsar sobre el icono, el smartphone reproducirá la vibración asociada al icono háptico de esa aplicación.

La Figura 2 muestra la pantalla de la etapa de Aprendizaje.

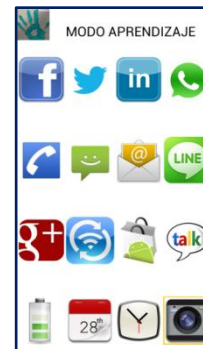


Figura 2. Pantalla de la etapa de Aprendizaje de HAPP.

- La etapa de Refuerzo, donde el sujeto participa en un juego para reforzar el conocimiento de los iconos hápticos. Dicho juego consiste en hacer parejas Aplicación-Icono háptico, emulando el tradicional juego de memoria con parejas de naipes. El uso de elementos propios del diseño de juegos en contextos no lúdicos es lo que se conoce como Gamificación [5].
- La etapa de Test, donde el sujeto realiza una prueba para determinar si recuerda con efectividad la asociación entre los diferentes iconos hápticos y sus correspondientes aplicaciones. La etapa de Test presentará al sujeto dos pantallas con 16 cuadrículas, y éste deberá identificar el mayor número de parejas Icono háptico-Aplicación en el menor tiempo posible (Figura 3).

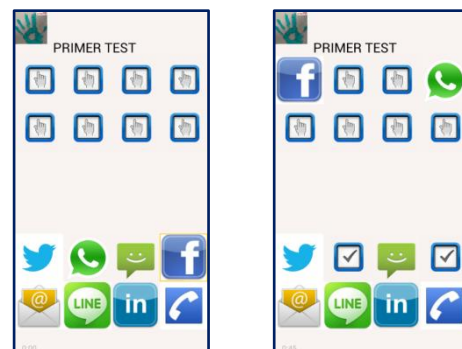


Figura 3. Pantallas de la Etapa de Test de HAPP.

La pantalla se divide en dos grupos de iconos, 8 en la parte superior y 8 en la parte inferior. Los iconos de la parte superior, al ser pulsados, emiten la vibración asociada al icono háptico de una aplicación. Los iconos de la parte inferior, reproducen la información auditiva sobre la aplicación en cuestión al ser explorados por los usuarios con discapacidad visual. Se ha dotado a la aplicación de un Log de eventos, donde se registrarán los tiempos de todas las pulsaciones que lleve a cabo el usuario cuando está manejando la aplicación.

Se ofrecen diferentes versiones de la aplicación, que permitirán evaluar la capacidad de los usuarios para memorizar la asociación entre iconos hápticos y aplicaciones por parte de los usuarios, en función del proceso de aprendizaje (unimodal o multimodal [6], con o sin etapa de Refuerzo, con asociaciones preestablecidas o elegidas por el usuario), y del tipo de usuario (con discapacidad visual o sin problemas visuales).

3.1.1 Procedimiento

El experimento debe determinar el ratio de éxito en la capacidad de aprender la asociación entre los iconos hápticos y las alertas de las aplicaciones, así como verificar la hipótesis de que los usuarios con discapacidad visual tienen mayor facilidad para llevar a cabo este aprendizaje. Asimismo, el experimento debe permitir contrastar si la etapa de Refuerzo es efectiva como refuerzo para el aprendizaje. Se propone realizar experimentos para evaluar las siguientes condiciones:

- La capacidad de retener asociaciones entre iconos hápticos y aplicaciones mientras el usuario realiza tareas cotidianas.
- La capacidad de retentiva de las asociaciones a corto, medio y largo plazo.
- Si la libre elección de las asociaciones Icono háptico- Aplicación mejora la capacidad de retener dichas asociaciones.

3.2 Aplicación EXT

Así como el objeto de HAPP es la identificación de las alarmas provenientes de las distintas aplicaciones de un smartphone, utilizando para ello iconos hápticos, la aplicación EXT (Enhanced eXplore by Touch) tiene como objeto mejorar la exploración por tacto que realizan los usuarios con discapacidad visual, y que éstos puedan localizar de una forma más ágil los iconos que hay distribuidos en la pantalla del smartphone. Para ello, se han escogido 16 iconos hápticos de entre los predefinidos que incorpora la herramienta Haptic Effect Preview® de IMMERSION. La aplicación consta de dos etapas:

- La etapa de Entrenamiento, donde se presentan 16 iconos correspondientes a otras tantas aplicaciones, distribuidos de forma uniforme en la pantalla del smartphone (Figura 4).

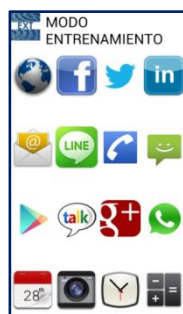


Figura 4. Pantalla de Entrenamiento de EXT.

Al deslizar el dedo por encima de cada icono, se activará una locución que indicará de qué aplicación se trata, seguida de la vibración correspondiente.

- La etapa de Test, en la cual se le presentan al usuario los mismos 16 iconos visuales “ocultos” tras otros tantos iconos con el símbolo ? y dispuestos de la misma forma que en el Modo de Aprendizaje (Figura 5).

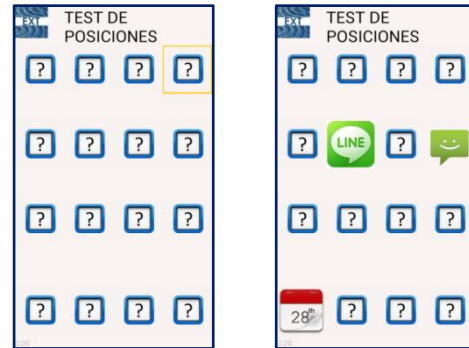


Figura 5. Pantallas de la etapa de Test de EXT.

Una locución le va indicando al usuario el nombre de cada aplicación, y éste debe encontrar la posición de la aplicación en la pantalla en el menor tiempo posible.

Se presentan dos versiones de la aplicación, las cuales permitirán contrastar la hipótesis de que el uso de iconos hápticos complejos mejora la capacidad de retener la ubicación de las aplicaciones en la pantalla del smartphone por parte de los usuarios con discapacidad visual, en contraste con la vibración simple que actualmente ofrecen los smartphones al ser explorados con herramientas como TalkBack® de Android.

3.2.1 Procedimiento

El experimento debe determinar el ratio de éxito en la capacidad de identificar las posiciones de las diferentes aplicaciones en la pantalla del smartphone. Asimismo, el experimento debe permitir contrastar si el uso de retroalimentación háptica compleja mejora este ratio comparado con la vibración simple que ofrece actualmente Android al explorar la pantalla mediante el tacto. También se llevará a cabo un experimento para evaluar la capacidad de retentiva a medio plazo, habiendo transcurrido un tiempo entre la primera ejecución del experimento y un segundo test.

4. RESULTADOS INICIALES

Aunque las aplicaciones están en fase de verificación, ya han sido probadas por usuarios, tanto con discapacidad visual como sin ella, con el objeto de mejorar algunos aspectos en el diseño de las mismas. El objeto de los experimentos será determinar si el uso de iconos hápticos mejora, en el caso de HAPP, la capacidad de identificar alertas provenientes de las diferentes aplicaciones del smartphone, y en el caso de EXT, la velocidad y precisión para localizar los iconos en la pantalla del smartphone, una vez realizada la exploración táctil por parte del usuario.

Los resultados obtenidos en las pruebas preliminares realizadas son bastante prometedores. Las aplicaciones han sido evaluadas por 4 sujetos, uno de ellos con discapacidad visual total, y ambas aplicaciones han sido acogidas de forma satisfactoria por todos los sujetos, indicando todos ellos que sería de mucha utilidad en sus

smartphones el uso de iconos hápticos tanto para el reconocimiento de alertas como para la mejora de la exploración por tacto de la pantalla. Aunque no se ha llevado a cabo aún ningún experimento formal, en la evaluación de los prototipos se ha puesto de manifiesto una alta tasa de reconocimiento de los patrones hápticos en HAPP, y una leve mejora en la localización de iconos tras la exploración por tacto en EXT.

5. CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

Las aplicaciones presentadas en este trabajo pretenden mejorar la usabilidad y accesibilidad de los smartphones, mediante el uso de iconos hápticos en un smartphone. La aplicación HAPP pretende verificar la hipótesis de que el uso de los iconos hápticos asociados a las alertas de las aplicaciones del smartphone mejora la experiencia del usuario, y que esta mejora se hace especialmente patente en los usuarios con discapacidad visual. Por su parte, la aplicación EXT pretende verificar la hipótesis de que el uso de iconos hápticos complejos en la exploración por tacto mejora la experiencia de uso de las personas con discapacidad visual, posibilitando la localización de las aplicaciones en la pantalla del smartphone de forma más ágil. En la actualidad se está desarrollando una nueva aplicación para mejorar la experiencia de los usuarios con discapacidad visual en el uso de smartphones. Se trata de una aplicación que, mediante iconos hápticos que simulan distintas texturas y rugosidades, permitirá al usuario conocer en cuál de los escritorios de los que dispone Android se encuentra en cada momento, mejorando la navegación. Existen diferentes estudios que validan la simulación de texturas a través de estímulos hápticos virtuales [4] [15], lo cual tiene potencialidad para el desarrollo de nuevas aplicaciones accesibles.

Asimismo, una nueva línea de trabajo que se abre es la de implementar estas aplicaciones sobre otras plataformas de dispositivos móviles (IOS, Windows Phone), y repetir los experimentos para determinar la influencia de la plataforma sobre la percepción del usuario.

Los resultados que de estos trabajos se desprendan abrirán nuevas líneas de investigación para los diseñadores de aplicaciones para smartphones, así como para los fabricantes de dispositivos móviles, con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario, especialmente para aquellos con algún tipo de discapacidad visual.

6. AGRADECIMIENTOS

Las líneas de investigación descritas en este artículo provienen de otras anteriores que fueron llevadas a cabo junto con Technosite, dentro del proyecto CENIT-INREDIS 2007-2011, financiado por CDTI.

7. REFERENCIAS

[1] Brewster, S.A., and Brown, L.M. 2004. Non-Visual Information Display Using Tactons. In *Proceedings of the Conf. on Human Factors in Computing Systems*.

[2] Brown, L.M., and Kaaresoja, T. 2006. Feel who's talking: Using tactons for mobile phone alerts. In *Proceedings of the conference on Human Factors in Computing Systems*.

[3] Cohen, L.G., Celnik, P., Pascual-Leone, A., Corwell, B., Falz, L., Dambrosia, J., Honda, M., Sadato, N., Gerlof, C., Calala, M.D., and Hallett, M. 1997. Functional relevance of cross-modal plasticity in blind humans. *Nature*, vol. 389.

[4] Culbertson, H., Romano, J. M., Castillo, P., Mintz, M., and Kuchenbecker, K. J. 2012. Refined methods for creating realistic haptic virtual textures from tool-mediated contact acceleration data. In *IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)*.

[5] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., and Nacke, L. 2011. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*.

[6] Enriquez, M. and MacLean, K.E. 2008. The Role of Choice in Longitudinal Recall of Meaningful Tactile Signals. In *Proceedings of the IEEE Symp. on Haptic Interfaces for Virtual Environments and Teleoperator Systems*.

[7] Froehlich, J., Chen, M. Y., Consolvo, S., Harrison, B., and Landay, J. A. 2007. MyExperience: a system for in situ tracing and capturing of user feedback on mobile phones. In *Proceedings of the 5th international conference on Mobile systems, applications and services*.

[8] Galdón, P.M., Madrid, R.I., De la Rubia-Cuestas, E.J., Diaz-Estrella, A., and González, L. 2013. Enhancing Mobile Phones for People with Visual Impairments through Haptic Icons: The Effect of Learning Processes. *Assistive Technology*, 25, 80-87.

[9] Gallace, A., and Spence, C. 2009. The cognitive and neural correlates of tactile memory. *Psychological Bulletin*, 135, 3, 380-406.

[10] Hoggan, E., and Brewster, S.A. 2007. Designing Audio and Tactile Crossmodal Icons for Mobile Devices. In *Proceedings of ACM Int'l Conf. on Multimodal Interfaces*.

[11] Hoggan, E., Brewster, S. A., and Johnston, J. 2008.. Investigating the effectiveness of tactile feedback for mobile touchscreens. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*.

[12] Hoggan, E., Stewart, C., Haverinen, L., Jacucci, G., and Lantz, V. 2012. Pressages: augmenting phone calls with non-verbal messages. In *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*.

[13] IMMERSION. 2010. Haptics White Paper: Improving the Mobile User Experience through Touch.

[14] MacLean, K.E., and Enriquez, M. 2003. Perceptual Design of Haptic Icons. In *Proceedings. of EuroHaptics*.

[15] Minsky, M., and Lederman, S. J. 1996. Simulated haptic textures: Roughness. In *Proceedings of the ASME Dynamic Systems and Control Division*.

[16] Qian, H., Kuber, R., and Sears, A. 2011. Towards developing perceivable tactile feedback for mobile devices. *International Journal of Human-Computer Studies*, 69,11, 705-719.

[17] Rantala, J., Raisamo, R., Lylykangas, J., Surakka, V., Raisamo, J., Salminen, K., Pakkanen, T., and Hippula, A. 2009. Methods for presenting Braille characters on a mobile device with a touchscreen and tactile feedback. *IEEE Trans. on Haptics*, 2, 1, 28-39.

[18] Stephan, K.L., Smith, S.E., Martin, R.L., Parker, S.P.A., and McAnally, K.I. 2006. Learning and Retention of Associations between Auditory Icons and Denotative Referents: Implications for the design of auditory warnings. *Human Factors*, 48, 2, 288-299

CloudRehab: Plataforma para la TeleRehabilitación de Pacientes con Daño Cerebral

Angel Ruiz-Zafra, Manuel Noguera, Kawtar Benghazi, Jose Luis Garrido, Gustavo Cuberos
Urbano, Alfonso Caracuel
Universidad de Granada
Avenida del Hospicio S/N
18071 Granada, España
+34 958 24 30 00

anruza@correo.ugr.es, {mnoquera, benghazi, jgarrido, gcuberos, acaracuel}@ugr.es

RESUMEN

Los programas de rehabilitación para pacientes con daño cerebral se articulan en torno a programas de entrenamiento que ayudan a dichos pacientes a recuperar, en la medida de lo posible, sus capacidades motoras, cognitivas y emocionales. En estos programas, cada paciente realiza periódica y repetidamente una serie de ejercicios bajo la supervisión in situ -normalmente en un centro médico o, más raramente, en el domicilio del paciente-, de profesionales médicos durante cada sesión de entrenamiento. Este modelo clásico ha ido evolucionando hacia modelos alternativos que permiten reducir significativamente los desplazamientos y los gastos derivados, como los sistemas de teleasistencia y más concretamente los sistemas de telerehabilitación, los cuales usan dispositivos móviles. De igual manera, los dispositivos móviles y los nuevos paradigmas de computación, como la computación en la nube, pueden servir de instrumento para facilitar la cooperación e interacción entre profesionales médicos, pacientes y sus familiares. Este artículo describe CloudRehab, una plataforma de telerehabilitación personalizable basada en tecnología cloud, que ha sido probada con pacientes con daño cerebral, y que hace uso de dispositivos móviles, bandas de pulso cardíaco y tecnología web.

Categorías y Descriptores

J.3 [Computer Applications]: Life and Medical Sciences – Health

Términos Generales

m-health, Brain Damage, Rehabilitation, Remote Monitoring, Human Factors

Palabras Clave

Telerehabilitación, daño cerebral, computación en la nube, dispositivos móviles

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

1. INTRODUCCIÓN

El Daño Cerebral Adquirido (DCA) es una lesión cerebral producida de forma súbita cuyas principales causas son: accidentes, Traumatismo Craneoencefálico (TCE), accidentes cerebrovasculares (ACV), tumores, anoxemia, etc. Sólo en España, existen actualmente unos 420.000 casos de pacientes con DCA [1].

El objetivo de los programas de rehabilitación es ayudar a los pacientes con daño cerebral a recuperar sus capacidades motoras, cognitivas y emocionales para recuperar el estilo de vida previo a las lesiones. Normalmente, la terapia de rehabilitación se planifica en una serie de sesiones las cuales son realizadas varias veces por semana en un centro médico [2], lo que implica que el paciente deba desplazarse de su hogar al centro médico en igual número de ocasiones durante un largo periodo de tiempo (por lo general desde meses hasta años), incrementando los costes.

En este sentido, un programa basado en telerehabilitación que permita la supervisión remota del paciente durante la ejecución de los ejercicios prescritos, disminuiría la necesidad de que el paciente y profesional médico tengan un contacto directo.

En este artículo se presenta una plataforma *cloud* de telerehabilitación para pacientes con daño cerebral basada en dispositivos móviles y que permite ayudar a este tipo de pacientes a realizar los ejercicios de rehabilitación de manera correcta y sin necesidad de desplazarse al centro médico.

El artículo está organizado como se muestra a continuación. La Sección 2 muestra el trabajo relacionado, donde se exponen proyectos similares a este ámbito. El diseño general de la plataforma CloudRehab y su funcionamiento en el proceso de rehabilitación se muestran en la Sección 3. La Sección 4 describe un estudio de validación y efectividad de la plataforma en casos reales, aportando datos obtenidos como resultado de la prueba piloto del sistema con varios pacientes. Por último, en la Sección 5 se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

2. TRABAJO RELACIONADO

El crecimiento y uso de la computación móvil, así como la necesidad de definir programas de rehabilitación a distancia (telerehabilitación), ha propiciado que en los últimos años hayan aparecido numerosos sistemas con este objetivo.

En numerosas ocasiones, la telerehabilitación se realiza usando sistemas basados en captura de movimientos [3][4]. Este tipo de sistemas están basados normalmente en sensores que se acoplan a alguna parte del cuerpo y transmiten la información a través de

Wifi o bien la almacenan localmente para su posterior procesamiento.

Además de estos sistemas de ámbito más general, han aparecido otros sistemas de rehabilitación diseñados específicamente para enfermedades/discapacidades concretas, como el mostrado en [5], para la rehabilitación de las extremidades superiores o el descrito en [6] para la rehabilitación de las rodillas. Algunos de estos sistemas, por lo general los de más reciente creación, están basados en el uso de dispositivos móviles, como los mostrados en [7][8], que ayudan mediante el uso de dispositivos móviles a la rehabilitación de pacientes que sufren de algún problema cardíaco.

Por los que respecta a los sistemas de telerehabilitación para pacientes con daño cerebral, existen diferentes plataformas diseñadas y desarrollada por grupos de investigación y compañías privadas. Entre ellos cabe destacar HABITAT [9], un entorno y una herramienta que oferta distintos tipos de actividades, proporcionando una plataforma que da soporte a la rehabilitación de afectados de DCA, a la vez que permite la gestión y el seguimiento de los afectados por parte de los especialistas.

Otro novedoso sistema es BioTrack Home [10], un sistema para la telerehabilitación de pacientes con daño cerebral que permite realizar las sesiones de entrenamiento desde casa y que ha sido desarrollado conjuntamente por la Universidad Politécnica de Valencia (LabHuman-I3BH), médicos del Servicio de NeuroRehabilitación de los Hospitales de NISA al Mar y Sevilla Aljarafe y la empresa de realidad virtual Bienetc.

3. CloudRehab

El principal objetivo de CloudRehab es facilitar a los profesionales médicos la capacidad de supervisar remotamente el proceso de rehabilitación del paciente a través de sesiones de entrenamiento.

3.1 Descripción General

En cada sesión de entrenamiento se almacena distinta información: datos resultantes de la ejecución de los ejercicios (grabación de vídeo) junto con los valores del pulso cardíaco obtenidos usando una banda-pulsómetro basada en Bluetooth [11]. Esta información se almacena, tanto en el propio dispositivo móvil, como en un servidor remoto con tecnología cloud [12]. De esta manera, el vídeo, los valores de pulso cardíaco y otra información contextual generada por la realización de la sesión están disponibles para el personal médico, pacientes y sus familiares en cualquier momento y en cualquier lugar. Esta posibilidad de interacción continua y remota entre pacientes y personal médico es una de las características más relevantes de CloudRehab. La Figura 1 muestra una visión general del escenario que la plataforma pretende cubrir.

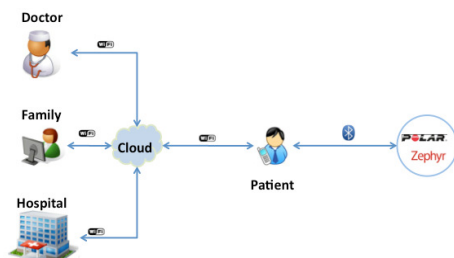


Figura 1. Escenario general de CloudRehab

El paciente está conectado en todo momento a través de su dispositivo móvil con el servidor con tecnología cloud. De esta manera, mientras se realiza la sesión de entrenamiento la información se va almacenando de manera totalmente transparente para el paciente. A su vez, el paciente está conectado a un pulsómetro para obtener su pulso cardíaco que es gestionado por la propia aplicación.

Una vez finalizada la sesión, se sube la información de sesión y otros datos relevantes (hora de inicio y de fin, valoración personal del paciente sobre la sesión, etc.) al servidor cloud. Esta información será la que el profesional médico visiona a posteriori para realizar una evaluación de la sesión y observar la evolución del paciente.

3.2 Descripción Técnica

Las distintas aplicaciones que forman la plataforma CloudRehab están soportadas por una plataforma llamada Zappa [13]. Zappa es una plataforma del ámbito de la salud con soporte para tecnología cloud y una arquitectura basada en componentes.

Cada uno de estos componentes han sido diseñados e implementados para que sean totalmente modulares y reutilizables. De esta manera existen componentes con el objetivo de cubrir diferentes requisitos presentes en un sistema del ámbito de salud [14], entre las que destacan: gestión de la información, gestión de las comunicaciones (Wifi, Bluetooth, ZigBee), comunicación con tecnología cloud [12] o gestión de los dispositivos médicos (detección, sincronización).

De esta manera, resulta fácil para el desarrollador usar los componentes que desee con el fin de componerlos adecuadamente para generar nuevas aplicaciones. Además, este diseño permite ir añadiendo nuevos componentes o bien modificar internamente algún componente sin variar el comportamiento de los sistemas que se basan en él, garantizando la extensibilidad y versatilidad de la plataforma

3.3 Aplicaciones de la plataforma

La plataforma está compuesta por dos aplicaciones: Aplicación Web y Aplicación Móvil. A continuación se describen en detalle cada una de ellas.

3.3.1 CloudRehab Web

La aplicación web está diseñada para ser usada por cualquier usuario del sistema (profesionales médicos, pacientes y sus familiares). Cada usuario tiene una interfaz distinta con unas funcionalidades concretas. Las diferentes funcionalidades que provee son:

- Gestión de la información del paciente: Los profesionales médicos pueden dar de alta en el sistema sus propios pacientes.
- Gestionar las sesiones del paciente: Una sesión está compuesta por un vídeo de entrenamiento grabado en una sesión de entrenamiento, un conjunto de audios e imágenes usadas como apoyo para reducir el nivel de estrés del paciente, el vídeo resultante de la grabación generada, los valores de pulso cardíaco, etc.
- Revisar la información generada por el paciente, como por ejemplo las sesiones finalizadas (Figura 2) o valores cardíacos entre un rango de fechas
- Monitorización en tiempo real de la realización de las sesiones por parte del paciente.

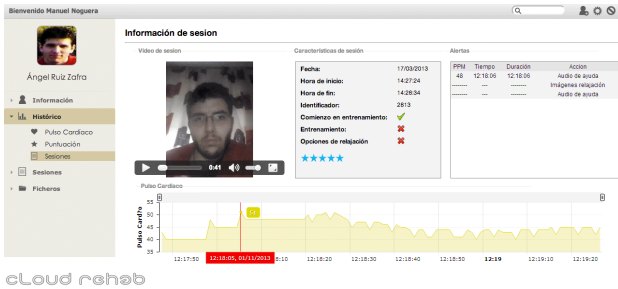


Figura 2. Información de una sesión finalizada

3.3.2 CloudRehab Móvil

Esta segunda herramienta es una aplicación móvil basada en el sistema operativo Android. Permite a los pacientes grabar la realización del ejercicio diseñado por el profesional y monitorizar su pulso cardíaco usando un banda-pulsómetro [11] para controlar el nivel de estrés.

La aplicación divide la pantalla del dispositivo en dos partes. La mitad superior muestra la imagen actual capturada por la cámara frontal, mientras que la mitad inferior muestra el vídeo de entrenamiento grabado previamente en las sesiones de entrenamiento entre el paciente y el terapeuta (Figura 3 – Izquierda). Esto provee una retroalimentación en tiempo real muy útil al paciente sobre cómo realizar correctamente el ejercicio y como lo está realizando. Mejorando así su ejecución y evolucionando en su proceso de rehabilitación.

Mientras el paciente realiza el ejercicio de rehabilitación, si la aplicación detecta que el pulso cardíaco del paciente ha alcanzado un nivel límite (definido por los profesionales en la aplicación web), la aplicación reproduce un sonido informativo y muestra un diálogo emergente con diferentes opciones de relajación (revisar el vídeo de entrenamiento paso a paso, reproducir un audio personalizado de ayuda o visionar imágenes y audios de relajación) (Figura 3 – derecha), con el objetivo de reducir su nivel de estrés.



Figura 3. Grabación de una sesión (izquierda) y menú con opciones de relajación (derecha)

3.4 Proceso de Rehabilitación con CloudRehab

La plataforma CloudRehab está orientada y diseñada con la ayuda de personal médico cualificado para garantizar que los pacientes con daño cerebral puedan realizar una rehabilitación más rápida y efectiva que con la rehabilitación clásica, gracias a la continua y supervisada realización de ejercicios específicos.

La plataforma se usa para monitorizar las actividades de la vida diaria (AVD), como pueden ser tomar el almuerzo, cambiarse de ropa, cepillarse los dientes, etc. Así, el paciente puede realizar estas actividades para mejorar en la realización de las mismas a lo largo del tiempo.

El proceso de rehabilitación definido por profesionales médicos y sobre el que se basa la plataforma CloudRehab se muestra en la Figura 4 y tiene tres fases principales: entrenamiento con el terapeuta, sesiones de rehabilitación y fase de monitorización.

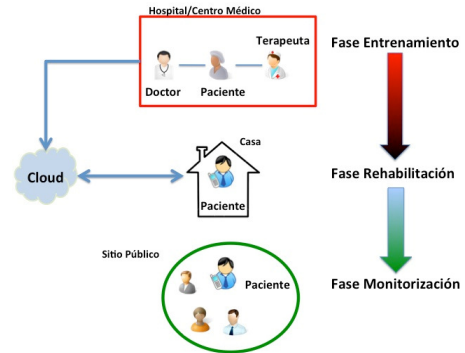


Figura 4. Proceso de rehabilitación en CloudRehab

3.4.1 Fase de entrenamiento

El paciente debe realizar junto con el terapeuta la realización del ejercicio de rehabilitación. Una vez que el paciente no presenta dificultades relevantes para realizar el ejercicio bajo supervisión, el terapeuta graba al paciente realizando correctamente dicho ejercicio. Este vídeo lo usará el propio terapeuta cuando configure las sesiones de entrenamiento a través de la aplicación web (3.3.1) y posteriormente lo usará el paciente en la segunda fase del proceso de rehabilitación (Figura 3 Izquierda, imagen inferior de la pantalla).

3.4.2 Fase de rehabilitación

Una vez que el paciente ha superado la primera fase, realiza desde casa y de manera remota el ejercicio previamente grabado con el terapeuta. Este ejercicio se realizará durante un periodo determinado con una frecuencia concreta ayudando al paciente a evolucionar más rápido que con el modelo clásico.

Para ayudar al paciente en este proceso de evolución, la aplicación móvil posibilita al paciente asignar una puntuación y un audio de evaluación cuando finaliza una sesión y al profesional médico ir variando los parámetros de las sesiones. Estas variaciones que introduce el personal médico pueden ser: ajuste de los valores de pulso cardíaco, desactivar el vídeo de entrenamiento para obligar al paciente a que se esfuerce más realizando correctamente el ejercicio al no tener ningún tipo de retroalimentación y gestionar los archivos de ayuda para ayudar al paciente a controlar su nivel de estrés.

3.4.3 Fase de monitorización

El principal objetivo de esta fase es que el paciente no tenga que realizar las actividades diarias mencionadas en la Fase 1 y 2 en su hogar o sitio habitual, si no que pueda realizar una vida normal (salir a cenar, pasear, etc.) y que la aplicación controle su estado de salud como último paso en el proceso de rehabilitación. Si el pulso cardíaco se eleva por encima del límite permitido, el móvil mostrará un dialogo que simulará una llamada entrante donde el paciente podrá oír un audio de relajación personalizado.

4. EVALUACIÓN

La plataforma CloudRehab ha sido usada en un estudio piloto con tres pacientes con daño cerebral adquirido (DCA) con satisfactorios resultados en todos los casos. El principal estudio y el más completo se llevó a cabo con un varón de 51 años de edad el cual sufrió un DCA hace 2 años, lo que le ocasionó una hemiplejía derecha, una consecuencia bastante común en este tipo de accidentes [15].

Para estudiar la efectividad de la plataforma se diseñó un estudio de caso único con dos fases: una correspondiente a la realización de un proceso de rehabilitación siguiendo el método clásico (8 días) y la segunda un proceso de telerehabilitación usando CloudRehab (8 días).

Para evaluar al paciente los terapeutas tuvieron en cuenta diversos criterios médicos [16] así como la propia evaluación del paciente sobre cada sesión de rehabilitación. El resultado final después de un proceso del tratamiento de los datos corresponde con la gráfica de la Figura 5, donde la línea roja representa la fase uno y la línea azul la fase dos.

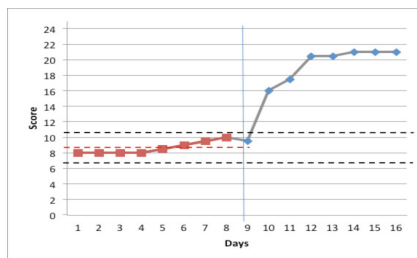


Figura 5. Fases de rehabilitación

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El principal objetivo de los sistemas de rehabilitación es ayudar a los pacientes en la recuperación de funciones cognitivas, emocionales y conductuales. El principal problema de los programas que ayudan a la rehabilitación de los pacientes es su alto coste y los constantes desplazamientos.

CloudRehab es una plataforma para la monitorización de las actividades diarias de pacientes con daño cerebral y su estado de salud (monitorizando su pulso cardíaco) haciendo uso de dispositivos móviles, pulsómetros y tecnología cloud. Toda esta información es accesible desde cualquier lugar y en cualquier momento tanto por pacientes como por personal médico.

La plataforma ha sido probada satisfactoriamente en pacientes con daño cerebral, obteniendo unos resultados positivos en una primera fase de pruebas.

Con respecto al trabajo futuro y desde un punto de vista técnico se está trabajando en el diseño y desarrollo de nuevas funcionalidades. En el ámbito sanitario, se intenta conseguir más casos de estudio para obtener unos resultados más generales y relevantes.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido subvencionado por el CEI BioTIC (Granada) bajo el proyecto 20F2/36, la Oficina de Innovación de la Junta de Andalucía bajo el proyecto TIN-6600 y el Ministerio de Economía y Competitividad bajo el proyecto TIN2012-38600.

REFERENCIAS

- [1] Federación Española de Daño Cerebral (FEDACE) – www.fedace.org.
- [2] Anne-Lise Christensen, B.P. Uzell. *International Handbook of Neuropsychological Rehabilitation*. 119-120
- [3] H. Zhou and H. Hu. 2007. *Human motion tracking for rehabilitation A- survey*. Biomedical Signal Processing and Control, vol. 3. 1- 18
- [4] Huiyu Zhou, Housheng Hu and N. Harris. 2005. *Application of wearable inertial sensors in stroke rehabilitation*. Engineering in Medicine and Biology Society EMBS, 27th Annual International Conference. 6825-6828.
- [5] H. Zhou, H.Hu, T. Stone and N. Harris. 2007. *Use of multiple wearable inertial sensors in upper limb motion tracking*. Med. Eng. Phys. vol.30. 123-133
- [6] Mobolaji Ayoade, Lee Morton, Lynne Baillie. 2011. *Investigating the feasibility of a wireless motion capture system to aid in the rehabilitation of total knee replacement patients*. Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 5th International Conference. 404-407
- [7] Valérie Gay, Peter Leijdekkers, Edward Barin. 2009. *A Mobile Rehabilitation Application for the Remote Monitoring of Cardiac Patients after a Heart Attack or a Coronary Bypass Surgery*, Proceedings of the 2nd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments. 2-4
- [8] Salminen, J. , Koskinen, E , Kirkeby, O. , Korhonen, I. 2009 . *A home- based care model for outpatient cardiac rehabilitation based on mobile technologies*. Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 1-8
- [9] Francisco J. Navarro, Elena Navarro, Francisco Montero, 2012. *HABITAT: Una herramienta para el soporte de actividades interactivas útiles en el tratamiento del daño cerebral*. XIII Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador
- [10] www.biotracksuite.com
- [11] http://www.polar.com/en/products/accessories/Polar_WearLink_transmitter_with_Bluetooth
- [12] <http://www.gnubila.com/>
- [13] Ángel Ruiz-Zafra, Kawtar Benghazi, Manuel Noguera, José Luis Garrido. 2013. *Zappa: An Open Mobile Platform to Build Cloud-based m-Health Systems*. IV International Symposium on Ambient Intelligence (ISAmI), Advances in Intelligent and Soft Computing, Springer-Verlag
- [14] Journal of Medical Internet Research. “What is e-Health?”. 10.2196/jmir.3.2.e20
- [15] C.Luke, K.J.Dodd, and K.Brock. 2004. *Outcomes of the Bobath concept on upper limb recovery following stroke*. Clinical Rehabilitation, vol. 18, no. 8, 888–898
- [16] Angel Ruiz-Zafra, Manuel Noguera, Kawtar Benghazi, Jose Luis Garrido, Gustavo Cuberos Urbano, Alfonso Caracuel. 2013. *A Mobile Cloud-Supported eRehabilitation Platform for Brain-Injured Patients*. PervasiveHealth - Rehab Workshop

Análisis de la Accesibilidad Web de las Universidades Españolas: propuesta de un ranking

Maypher Román Durán
Universidad de las Ciencias
Informáticas (UCI)
La Habana, Cuba
maypher@uci.cu

Jose Luis Bernier Villamor
Dpto. Arquitectura y Tecnología de
Computadores
Universidad de Granada, España
+34 958 240585
jbernier@ugr.es

Ignacio Rojas Ruiz
Dpto. Arquitectura y Tecnología de
Computadores
Universidad de Granada, España
+34 958 246128
irojas@ugr.es

ABSTRACT

El presente trabajo presenta un estudio realizado sobre los sitios web de los centros de educación superior españoles, y el diseño de una medida cuantitativa para medir su nivel de accesibilidad, con objeto de establecer un ranking que permite evaluarlas y compararlas entre sí. Se han considerado 115 centros de educación superior españoles, cuyos sitios web institucionales se han analizado en profundidad midiendo diversos indicadores relacionados con la accesibilidad web, tales como la satisfacción de estándares y directrices de accesibilidad, la compatibilidad con distintos navegadores, errores de usabilidad, etc. A partir de los resultados obtenidos y con la métrica propuesta, se ha elaborado un ranking de centros universitarios que pretende medir la calidad de sus sitios institucionales en cuanto a accesibilidad web. El objetivo del presente trabajo es presentar los resultados obtenidos a partir de dicho estudio.

Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]: Web-based interaction.

K.7 [The Computing Profession]: Organizations, Testing, Certification, and Licensing, Codes of good practice.

General Terms

Measurement, Standardization, Legal, Verification.

Keywords

Accesibilidad Web. Ranking de universidades. Métricas de accesibilidad

1 INTRODUCCIÓN

El mundo web nació hace apenas unos 20 años, pero en estas dos décadas su crecimiento y poder de penetración en la sociedad ha sido impresionante. Cada vez hay una mayor dependencia del ciudadano respecto de la Web, no sólo para obtener información, sino también para acceder a cada vez más servicios (sanitarios, educativos, comerciales, etc.). Lamentablemente, en la sociedad

existen personas que pueden tener dificultades para aprovechar todas estas ventajas.

Se estima que hay unos 650 millones de personas con discapacidad en el mundo. Según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), en un estudio realizado en 2008, en España hay alrededor de 3.7 millones de personas que sufre algún tipo de discapacidad [4]. Se entiende por discapacidad una limitación que presente una persona para realizar determinadas funciones, estas pueden ser: física-motora, visual, mental, auditiva, visceral o mixta [1].

El Consorcio W3C (World Wide Web) ha trazado políticas para definir las pautas de accesibilidad de los contenidos en la Web, las llamadas WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) [11]. Siguiendo estas pautas, los desarrolladores de contenidos pueden crear páginas accesibles, desde un punto de vista técnico.

Un estudio del 2008 de las agencias de gobierno en 12 países, localizados en la Unión Europea, Asia y África, arrojó que la mayoría de los sitios web no cumplían con los requisitos de prioridad 1 del estándar WCAG. [5,6].

A nivel internacional son muchos los rankings que han surgido para clasificar y ordenar las universidades de acuerdo a diferentes criterios [3]. Sin embargo, estos rankings no evalúan la calidad del sitio web de las universidades. Para ordenar las universidades españolas se han propuesto otros rankings, como por ejemplo el Ranking ISI desarrollado por especialistas de la Universidad de Granada [2].

Se tiene referencia en España de la propuesta de un ranking que tiene en cuenta los sitios web de las Universidades: el Ranking Webometrics de Universidades [7]. El mismo mide la visibilidad y la actividad del sitio, es decir, la calidad de sus contenidos publicados. Otros estudios internacionales proponen la construcción de un ranking de sitios web de universidades a partir del análisis de la accesibilidad de dichos sitios. Estos trabajos evalúan solamente la página de inicio [8] o una muestra de 3 páginas relevantes de cada sitio web [3], no reflejan un análisis global de todas las páginas del sitio o de una muestra significativa del mismo.

El objetivo de este trabajo es diseñar un ranking de los centros de educación superior españoles, a partir del nivel de accesibilidad de su sitio web en Internet. Se describe la metodología y métricas propuestas para su elaboración.

2 METODOLOGÍA

Identificar los problemas de accesibilidad presentes en un sitio web se convierte en un análisis que, si bien no es un proceso del todo complejo, si demanda un gran consumo de tiempo y

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

conocimiento por parte del especialista que realiza dicho estudio. Existen herramientas que pueden ser utilizadas para evaluar el cumplimiento de estas pautas en los contenidos de una página, conocidos como validadores. Tal es el caso de la herramienta SortSite, que permite hacer un análisis detallado de un sitio web completo o una parte del mismo, validando un gran número de aspectos [9].

Para realizar el estudio sobre la accesibilidad de los sitios web de los centros de educación superior españoles, se ha diseñado una estrategia que permite organizar todo el proceso. El nivel de profundidad usado para el análisis fue 3. Es decir, a partir de la página principal del sitio (portada) fueron analizadas de forma exhaustiva todas aquellas páginas y archivos que estaban enlazados desde la misma, hasta un nivel de profundidad de 3 clics. Ello ha supuesto que, para cada sitio web, se han analizado decenas, cientos e incluso miles de páginas web, y sobre cada una de ellas se han realizado 35 tests distintos.

2.1 Aspectos validados

En este estudio se llevaron a cabo una batería de 35 tests sobre un amplio repertorio de páginas web y documentos de cada sitio analizado. Estos tests se agruparon en las siguientes categorías generales: Accesibilidad, Estándares web, Búsqueda, Usabilidad y Configuración. Como herramienta de validación se ha utilizado SortSite Professional en su versión 5.1, la cual cubre un amplio abanico de tests de validación automáticos sobre páginas web.

2.2 Indicadores de error

Fueron definidos 5 indicadores a partir de los aspectos evaluados descritos en la sección 2.1: Indicador de Accesibilidad (I_{Acc}), Indicador de Estándares (I_{Est}), Indicador de Búsqueda (I_{Bus}), Indicador de Usabilidad (I_{Usa}), Indicador de Configuración (I_{Con}).

Cada indicador I_x mide el nivel de error que presenta un sitio web en la categoría x considerada. Un valor menor de I_x significa que el sitio web presenta menos errores en la categoría x .

Para el cálculo de cada uno de los 5 indicadores anteriores se usa la siguiente expresión:

$$I_x = PE(x) \sum_i (E_i(x) \cdot W_i)$$

donde:

- I_x : se refiere a cualquiera de los coeficientes citados, siendo x una de las categorías analizadas (Accesibilidad, Estándares, Búsqueda, Usabilidad y Calidad).
- $PE(x)$: porcentaje de páginas que presentan errores en la categoría x , respecto del total de páginas analizadas en el sitio web. Este valor se expresa entre 0 y 1, con objeto de trabajar con valores normalizados.
- $E_i(x)$: por ciento de errores de tipo i (Críticos, Importantes, Regulares o Menores) con respecto al total de errores encontrados en la categoría x . Este valor se expresa entre 0 y 1.
- W_i : peso asignado a cada error tipo i para jerarquizar su importancia. Se han tomado como valores 0.4, 0.3, 0.2 y 0.1 para ponderar la gravedad del error.

Los valores E_i y W_i se han definido para distinguir la gravedad de los errores detectados en cada categoría. Los errores detectados se han clasificado en 4 categorías atendiendo a su gravedad: Críticos,

Importantes, Regulares y Menores. Por ejemplo, en el caso del indicador de accesibilidad (I_{Acc}) los errores críticos se asocian al incumplimiento del nivel de prioridad 1, los importantes se relacionan con el nivel de prioridad 2 y el resto con el nivel 3. De igual forma, se distingue la gravedad del error en el resto de categorías para calcular el indicador correspondiente.

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos en la categoría de Accesibilidad de tres sitios web analizados. Como ejemplo del cálculo de su indicador, se realizaría la siguiente operación:

$$I_{Acc} = 0.1673 * ((14/26) * 0.4 + (9/26) * 0.3 + (3/26) * 0.2 + (0/26) * 0.1) = 0.0572$$

Tabla 1. Medidas del análisis de la categoría Accesibilidad de varios sitios web

Medidas	Sitio Web A	Sitio Web B	Sitio Web C
# págs analizadas	496	272	569
#págs con error de accesibilidad	83	77	107
PE (Acc)	0.17	0.28	0.19
# Errores Críticos	14	15	41
# Errores Importantes	9	8	15
# Errores Regulares	3	3	3
# Errores Menores	0	0	0
$W_{Críticos}$	0.4	0.4	0.4
$W_{Importantes}$	0.3	0.3	0.3
$W_{Regulares}$	0.2	0.2	0.2
$W_{Menores}$	0.1	0.1	0.1
Valor de I_{Acc}	0.0572	0.09792	0.06852

Como se puede apreciar, además de considerar la tipología de los errores, es necesario tener en cuenta el porcentaje total de páginas con errores asociada a cada categoría. Es decir, los valores $E_i(x)$ tienen en cuenta el número de errores distintos detectados, pero no su ocurrencia, pero no los contabiliza cuando se han replicado en distintas páginas, de ahí que se use el valor $PE(x)$ para ponderar el indicador. Este valor tiene como objetivo equilibrar los indicadores considerando el volumen de documentos (páginas, imágenes, archivos, etc.) con errores respecto del total que componen el sitio web analizado. Como ejemplo de lo expuesto, puede observarse a partir de la Tabla 1 que, a pesar de que el Sitio C tuvo más errores Críticos que el Sitio B (41 y 15 respectivamente), su indicador de Accesibilidad presenta un valor menor. Esto se debe a que el número de páginas con errores de accesibilidad del Sitio C (19%) fue menor que el B (28%).

2.3 Coeficientes de calidad

Para obtener unos coeficientes para medir la calidad a partir de los indicadores calculados, en primer lugar se procedió a normalizar cada uno de ellos. Por cada sitio web considerado, se dividió su

indicador entre el valor máximo encontrado en la categoría correspondiente. El objetivo de esta operación es fijar los valores de los indicadores entre los valores máximo y mínimo del conjunto analizado.

En un segundo paso, se procedió a restar de 1 cada indicador para obtener los coeficientes. El objetivo fue obtener una medida positiva en la que un valor mayor represente mayor calidad. Tal y como se ha definido previamente, el valor máximo de un indicador implica un número mayor de errores en la categoría considerada; al dividir por dicho máximo se obtienen valores cercanos al 1 en aquellos sitios con más errores y cercanos al 0 en caso contrario. Al restar de 1 se invierte el valor conceptual de la medida, de forma que un valor cercano a 1 implica mayor calidad.

Como ejemplo de cálculo, la Tabla 2 muestra el valor de los coeficientes finales, tal y como se ha indicado, de cuatro de los sitios web analizados. I_{Acc} es el indicador de la categoría Accesibilidad medido, $I_M(Acc)$ es el indicador máximo encontrado en dicha categoría (se ha resaltado en negrita en la tabla). C_{Acc} es el valor final del coeficiente que evalúa la calidad del sitio web con respecto a la categoría Accesibilidad. Según el ejemplo considerado, el Sitio B tiene mejor puntuación en la categoría de Accesibilidad. El mismo procedimiento se llevó a cabo con el resto de indicadores para obtener los coeficientes de calidad de cada categoría.

Tabla 2. Obtención de los coeficientes de Accesibilidad de varios sitios web a partir de sus indicadores.

Sitio Web	I_{Acc}	$I_{Acc}/I_M(Acc)$	C_{Acc}
Sitio A	0,178	0,446	0,554
Sitio B	0,029	0,072	0,928
Sitio C	0,163	0,406	0,594
Sitio D	0,400	1	0

2.4 Cálculo del índice WAU

A partir de los coeficientes de calidad definidos se ha diseñado un valor denominado índice WAU (University Web Accessibility Index). El mismo se puede definir como un valor cuantitativo que permite ordenar un conjunto de centros universitarios en función de la accesibilidad de su sitio web y comparar su calidad.

El cálculo de este índice se realiza mediante una suma ponderada:

$$WAU = \sum_x C_x W_x$$

donde:

- C_x : se refiere a cada uno de los coeficientes propuestos, correspondientes a las 5 categorías analizadas (Accesibilidad, Estándares, Búsqueda, Usabilidad y Calidad).
- W_x : se refiere al peso asignado a cada coeficiente, y en consecuencia, a cada categoría analizada.

La expresión utilizada calcula la suma ponderada de los coeficientes de calidad obtenidos. Los valores considerados para ponderar cada categoría fueron propuestos de forma heurística, desde el punto de vista de la accesibilidad web que tiene cada

aspecto evaluado. El valor utilizado para estos pesos fue: W_{Acc} (valor 0.3), W_{Est} (valor 0.3), W_{Con} (valor 0.2), W_{Bus} (valor 0.1) y W_{Usa} (valor 0.1). Puede observarse que la suma de los mismos es igual a 1. Dicho peso se propuso priorizando el cumplimiento de la normativa UNE 13980 del 2012 [10], donde se indican los requisitos mínimos que deben satisfacerse de cara a la accesibilidad web.

La Tabla 3 muestra los valores de los coeficientes de calidad para las 5 categorías consideradas en este estudio para un sitio web determinado.

Tabla 3. Coeficientes de calidad de un sitio web.

Coefficientes	Valor	Peso
C_{Acc}	0,857	0.3
C_{Est}	0,907	0.3
C_{Bus}	0,818	0.1
C_{Usa}	0,889	0.1
C_{Con}	0,903	0.2

Según los datos de la Tabla 3, el índice WAU se calcularía de la siguiente forma:

$$WAU = 0,857 * 0.3 + 0,907 * 0.3 + 0,818 * 0.1 + 0,889 * 0.1 + 0,903 * 0.2 = 0,881$$

Hay que resaltar que el uso de las expresiones propuestas, y la metodología detallada en este trabajo han sido una primera aproximación, no se descarta estudiar otras alternativas, tales como el uso de la media geométrica [2], o considerar otras heurísticas y técnicas para asignar valores a los pesos considerados.

3 RESULTADOS

Fueron analizados 115 sitios web de centros de educación superior españoles, incluyendo los sitios web principales de todas las universidades españolas. La Figura 1 muestra el número de centros que presentaron valores del índice WAU en cada intervalo.

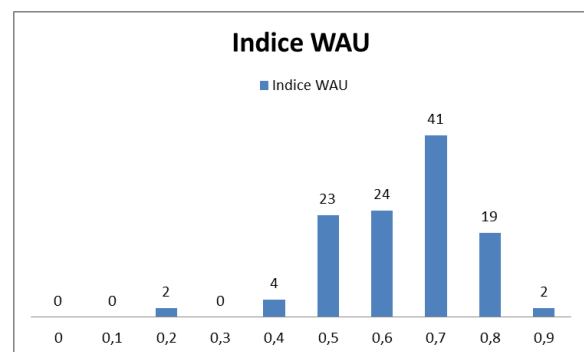


Figura 1. Cantidad de centros de educación superior agrupados por rangos del valor del índice WAU.

La Tabla 4 muestra las primeras 20 instituciones de enseñanza superior que presentaron el mejor valor del índice WAU calculado usando la metodología aquí expuesta.

Tabla 4. Ranking de Accesibilidad Web de centros universitarios según el valor del índice WAU.

Posición	WAU	Centro
1	0.942	Universidad de Valladolid
2	0.920	Universidad de Almería
3	0.882	Universidad de Burgos
4	0.880	Universidad de Granada
5	0.876	Universitat Jaume I
6	0.871	Escola Sup. de Música de Catalunya (Barcelona)
7	0.870	Univ. Católica de San Antonio
8	0.853	Universidad San Jorge
9	0.852	Univ. Politécnica de Catalunya
10	0.851	Universidad de Oviedo
11	0.844	Universidad de Salamanca
12	0.843	Centro de Estudios Financieros
13	0.835	EAE Bussiness School
14	0.828	Universidade da Coruña
15	0.821	Universitat Pompeu Fabra
16	0.813	Universidad de La Laguna
17	0.811	Universidad de Alicante
18	0.805	Universidad de Valencia
19	0.805	Univ. de las Palmas de Gran Canaria
20	0.801	Universidad de Vigo

4 CONCLUSIONES

Se ha presentado una metodología para el diseño de un ranking de accesibilidad web.

Se han definido 5 coeficientes de calidad web (Accesibilidad, Estándares, Búsqueda, Usabilidad y Configuración), obtenidos a partir de los resultados de una batería de tests de validación. Para cada sitio web analizado, se revisaron todas las páginas que distaban menos de 3 clics de su página de inicio, y para todas cada una de ellas se llevaron a cabo 35 tests de validación distintos. Además, se distinguieron 4 tipos de errores posibles: Críticos, Importantes, Regulares y Menores, de acuerdo a su relevancia.

Como medida final de ordenación de las universidades se diseñó una métrica denominada índice WAU. El índice WAU se puede

tomar como un indicador cuantitativo que permite comparar y ordenar un conjunto de sitios web en función de su accesibilidad. Como ejemplo de uso se han analizado los sitios web de 115 centros de educación superior españoles y se ha establecido un ranking con los resultados obtenidos.

Como trabajo futuro se pretende estudiar otras posibles métricas y metodologías de cálculo para el índice propuesto, así como realizar un estudio de correlación de los indicadores usados. Se pretende continuar analizando la evolución que de los sitios web de cada universidad estudiada, con el fin de elaborar versiones actualizadas del ranking con cierta periodicidad y hacer públicos los resultados e informes. Esta metodología puede aplicarse a otras instituciones, y tratar de concluir nuevas relaciones y conocimiento a partir de los análisis de resultados.

5 REFERENCIAS

- [1] Colectivo de autores. 2003. *Por la Vida. Estudio Clínico Genético de las personas con retraso mental. Definiciones de discapacidad y criterios de inclusión y exclusión en el estudio.* Casa Editora Abril. La Habana, Cuba. 87-90.
- [2] Herrera, Francisco; Torres-Salinas, Daniel; Moreno-Torres, Jose G.; Delgado-Lopez-Cozar, Emilio. 2011. *A methodology for Institution-Field ranking based on a bidimensional analysis: the IFQ2A index.* Scientometrics: Volume 88, DOI 10.1007/s11192-011-0418-6, pp 771-786.
- [3] Hilera, José R.; Fernández, Luis; Suárez, Esther; Vilar, Elena T. 2013. *Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales.* Revista Española de Documentación Científica 36(1). ISSN-L: 0210-0614.
- [4] Instituto Nacional de Estadística (INE). <http://www.ine.es/> (Consultado: marzo, 2013).
- [5] Kuzma, Joanne M. 2010. *Accessibility design issues with UK e-government sites.* UK: Government Information Quarterly.
- [6] Kuzma, Joanne M., Yen, D., Oestreicher, K. 2009. *Global E-Government web accessibility: An empirical examination of EU, Asian and African sites.* Second International Conference on Information and Communication Technologies and Accessibility. Hammamet, Tunisia.
- [7] Ranking Web de Universidades Webometrics. <http://www.webometrics.info/es> (Consultado: marzo, 2013).
- [8] Ribera, M.; Térmens, M.; Frías, A. 2009. *La accesibilidad de las webs de las universidades españolas. Balance 2001-2006.* Revista Española de Documentación Científica, vol. 32(3), 66-88.
- [9] SortSite Web Site Testing Tool. <http://www.powermapper.com/index.htm> (Consultado: marzo, 2013).
- [10] UNE 139803:2012. 2012. Requisitos de accesibilidad para contenidos en la web. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- [11] Web content accessibility guidelines (WCAG 2.0). 2008. World Wide Web Consortium. <http://www.w3.org/TR/WCAG> (Consulta: enero 2013).

A Context-aware Model for QoE Analysis in Mobile Environments

Pedro Mateo
Catedra SAES Laboratories
University of Murcia
Ed. Rector Soler
30.071, Murcia (Spain)
pedromateo@um.es

Diego Sevilla Ruiz
Computer Engineering Dpt.
University of Murcia
Facultad de Informática
30.071, Murcia (Spain)
dsevilla@um.es

Gregorio Martínez Perez
Comms. Engineering Dpt.
University of Murcia
Facultad de Informática
30.071, Murcia (Spain)
gregorio@um.es

ABSTRACT

This paper describes a novel approach to model users quality of experience (QoE) in mobile environments. A new model is presented to address the open questions of how to extract QoE from users interaction in mobile scenarios, and how to compare different QoE records to each other. This model establishes a set of parameters to dynamically describe the interaction between users and the system, the context in which it is performed and the quality perceived by the user. It provides a uniform representation of the interaction in mobile contexts, helping user-analysis applications to determine QoE and allowing the comparison between different QoE records. Its run-time nature also allows to make QoE-based decisions in real-time, enabling applications to adapt themselves and provide a better experience to users. As result, the proposed model provides unified criteria for the inference and analysis of QoE in mobile scenarios.

Categories and Subject Descriptors

Human-centered computing [**Human computer interaction (HCI)**]: HCI design and evaluation methods; Human-centered computing [**Human computer interaction (HCI)**]: Empirical studies in HCI; Human-centered computing [**Ubiquitous and mobile computing**]: Empirical studies in ubiquitous and mobile computing

General Terms

Design, Experimentation, Measurement

Keywords

QoE evaluation, human-computer interaction, interaction modeling, mobile, multimodal, run-time models

1. INTRODUCTION

Mobile scenarios, in which users and their handheld devices are continuously moving in several simultaneous fuzzy

contexts [9], pose new challenges for the analysis of interaction and user experience. A close relationship between interaction, its context, and quality of experience (QoE) can be found in these particular scenarios. However, the lack of a uniform approach for modeling the information related to interaction within a specific context is evident [2].

QoE is a subjective measure of users experiences with a service. It rivets on the true feelings of end users from their perspective when they carry out an activity [27, 5, 19]. It encompasses users behavioural, cognitive, and psychological states along with the context in which the services are provided to them. The context plays a critical role in the user experience with mobile products [13]. By context information we mean any data used to characterize the situation of an entity (i.e., person, place, or object) which is considered relevant for the analysis of user-system interaction.

As read in [10], a challenge for researchers studying new mobile applications is that no robust methodologies combining qualitative methods for usability evaluation and quantitative methods to evaluate performance and quality of service (QoS) do exist. As solution, this work proposes incorporating context information and user ratings into a user-system interaction analysis method. However, incorporating these data into a single process is troublesome. First, there exists a low standardization of technologies used in context-aware systems [9]. Another problem is dealing with the variety and diversity of interaction and context data, and deciding what data are useful to capture QoE in mobile scenarios [19]. How these data are integrated into automatic interaction analysis processes is also a problem to solve [10].

In this context, this work describes the design of a run-time model arranging interaction parameters. This model design includes also parameters about the users surrounding context, in order to be context-aware and thus enable mobile interaction analysis. Furthermore, the model is augmented with parameters describing users perception of interaction quality. This way, instances of this model provide a basis to determine and compare QoE, as well as to make run-time adaptation decisions to provide a better user experience.

2. THE MODEL DESIGN

The proposed model arranges data about the interaction between the user and the system and the context in which this process is performed. It also includes annotations about the user perceived quality of the product under test. All these data are structured in a common representation to be the basis for the implementation of QoE analysis and

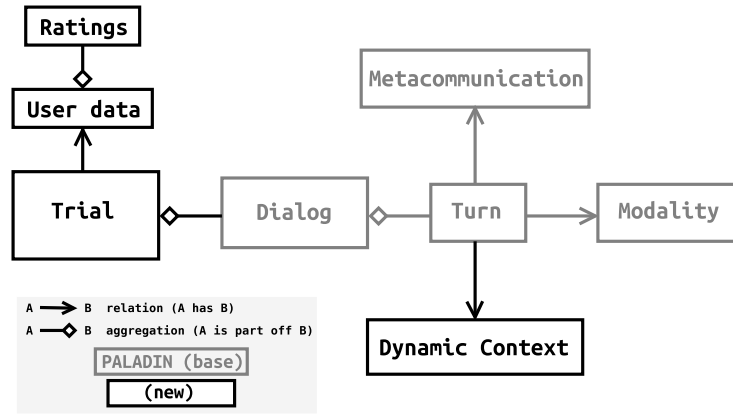


Figure 1: Design overview of the proposed model.

inference processes. The proposed design is based on PALADIN [16, 17, 18], a model aimed at quantifying interaction at run-time in multimodal contexts. This work was a result of a joint effort between the Cátedra SAES [4] and the Telekom Innovation Laboratories [22].

The resulting model is based on a set of parameters divided into three main categories: *Human-computer interaction* parameters, used to quantify the interaction process (e.g., amount of information provided by the system, average reaction time of the user); *Context* parameters, which describe the surrounding context (e.g., screen size, user location); and *User rating* parameters, used to measure the users perceived quality of the product under test (e.g., simplicity of the system, motivating aspects of the product.)

The great majority of these parameters are intended to be collected automatically while the user is interacting the product, e.g., by using tools like the Android HCI Extractor [15]. Even those parameters based on subjective judgments of the user may be extracted automatically with such a tool by using questionnaires. Anyway, limitations mainly due to technology will force experts to annotate some parameters manually in exceptional cases.

Figure 1 depicts an overview of the model design. Parts inherited from PALADIN are represented with a light grey stroke; new parts of the model are depicted in black. As the reader can see, the new design is structured around the concept of *Trial*, defined as “either one or a set of dialogs belonging to an experimental attempt aimed at a specific experience measurement goal.” A *Dialog* “consists of a sequence of turns produced alternatively by each party of an interaction” (Möller in [20].) Moreover, the subject of the model (concept introduced by Bolchini et al. in [3]) is the user. Therefore the model assumes only one user performing a single main task using a single mobile device. Furthermore, the context is described as it is perceived by the user.

2.1 Starting from Interaction Data

This work is based on the PALADIN model, that holds multimodal interaction parameters such as communication content, metacommunication, I/O information, and modality description (see Figure 1, light grey colored elements.) As intended for the solution proposed in this paper, PALADIN provides a dynamic description (i.e., by turn) of multimodal interaction. This creates a relationship between collected data and time, providing evaluators with new opportunities

Table 1: Context dimensions under consideration.

Context Dimension	Attributes
Physical environment	temperature, weather, ...
User	age, gender, education level, ...
Social context	social company, social arena
Location/time	location, mobility level, ...
Device	type, screen size, CPU load, ...
Communication	access type, signal strength, ...

for the dynamic analysis of interaction.

The design of PALADIN includes a set of parameters partially based on the previous work of Möller and Kühnel [14, 21]. It uses abstract parameters to put different modalities at the same level, thus they are analyzed by using the same metrics. Moreover, more specific parameters are used to describe particular details of a specific modality. As result, the same metrics and format are used to describe interaction in different contexts, allowing developers and designers to easily compare among different interaction records.

Therefore, PALADIN represents a proper basis on which to base the proposed model. Since it quantifies only user-system interaction, it was extended in two ways as described in the two subsections below. On the one hand, the original model was extended with new parameters to describe the interaction context in mobile scenarios. On the other hand, other parameters were also incorporated in order to measure the usability of the product under test.

2.2 Incorporating Context Data

Related literature was analyzed to find those contextual factors that affect the experience of users in mobile environments. We selected a set of parameters organized in six categories based on the eight proposed by Korhonen et al. in [13]. Thus, the proposed design describes context by using six different dimensions (i.e., *Physical context*, *User*, *Social context*, *Location and time*, *Device* and *Connectivity*.) Table 1 shows some examples of context attributes. We consider this set of parameters enough to describe the context surrounding the users when doing an activity or using a service from their mobile devices.

Interaction, specially in mobile environments, is dynamic by nature. It is an stream of actions and information exchange between the user and the system performed within a

Table 2: Data used to measure user ratings.

Ratings Dimension	Attributes
Perceived quality: - pragmatic quality (PQ) - hedonic quality (HQ) - attractiveness (ATT)	practical, predictable, ... stylish, captivating, ... beautiful, good, ...
User mood	face scale from 0 (very sad) to 4 (very happy)
Attitude toward technology	5-questions questionnaire

changing context. This is reflected in the final design of the model, which is specially guided by the dynamic or static nature of context parameters.

As we can see in Figure 1, context data related to *User* are annotated at trial level. This means that they are collected only once (or several times if necessary) for the set of dialogs composing the trial. However, the rest of context data (e.g., screen orientation, social company) are dynamic and thus collected at turn level, which means that they are annotated stepwise during user interaction. This supports the concept of changing and evolving context proposed by Jaroucheh et al. in [11], and the need to consider the context information available in the different domains the user visits.

2.3 Incorporating User Ratings

We also incorporate user perceived quality into the model design. As defined in [10], user ratings are QoE purely subjective, episodic assessments provided on the basis of the given perception of the specific episode of application use. A set of parameters was used to describe user impressions and feelings, as well as their influencing factors. As summarized in Table 2, several parameters are used to evaluate the quality perceived by users during interaction. In addition, other parameters are used to describe some peculiarities of user personality, as well as her emotional state during the evaluation process.

The mini version of AttrakDiff [8] is used to evaluate the quality of interaction. It is based on the Hassenzahl model of user experience, and uses 10 pairs of opposite adjectives to evaluate the pragmatic quality (i.e., usability), the hedonic quality (i.e., how stimulating the product is and to what extent the product allows the user to identify with it), and the attractiveness of the product under test. Each of these items is rated using a 7-point Likert-type scale. This questionnaire provides a proper basis for evaluating user perceived quality in multimodal interfaces [24, 23].

However, QoE is individual to a given user, and largely depends on her personality and current state [6]. Related work [12, 1, 25] showed that users mood and attitude are considered the two most influencing factors for quality perception. In order to measure users mood we decided to use a faces scale, largely used in the literature to measure users mood or pain. An adapted version of the six faces scale described in [26] is used. The new scale, which rates from very sad to very happy, reduces the original scale to five faces. It allows us to use the *neutral* face to represent the “center” of a well-balanced scale, and therefore to simplify the process.

To measure users attitude toward technology we use an adapted version of ATTIS (Attitude Toward Technology Integration Scale) described by Hassad in [7]. He proposed a six-item scale to measure attitude of instructors toward

technology integration. The new scale was generalized and adapted to evaluate users attitude toward technology usage in a broader context. It uses five questions, each one representing a different facet: (1) perceived usefulness, (2) perceived pleasantness, (3) integration of technology, (4) self-efficacy and intentionality, and (5) perceived comfort. Each of these items is rated using a 5-point Likert-type scale.

3. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

This work describes a run-time model aimed at (1) quantifying the interaction between the user and the system, (2) describing the surrounding context, and (3) collecting subjective interaction quality ratings from the user. This model uses the same metrics to describe mobile interaction in different scenarios, and structures them into a common representation. This provides experts and tools with unified criteria to describe the mobile interaction process. Different QoE records can be analyzed and compared to each other regardless of the system/application under test, the current interaction context, even the modalities used to provide input and output data.

The run-time nature of the model provides a link between time, interaction data, context information and users ratings. This opens up new opportunities for the dynamic analysis of QoE. The QoE determined for a specific interaction occurrence (i.e., a model instance) can be analyzed and interpreted in terms of what the user did and how did it, in which conditions she did it, and her emotional state just in that specific moment. This also enables context-aware applications to make QoE-based decisions in real-time to adapt themselves, and thus provide a better experience to users.

Most of the parameters included in the proposed design are intended to be collected using current devices capabilities, avoiding special sensors and other expensive methods. Tools like the Android HCI Extractor [15] ease the incorporation of the proposed solution into real applications in current mobile devices (e.g., tablets, smartphones) and not only for laboratory environments [9].

As a statement of direction, there are several problems with which to deal until reaching the final implementation of the model. One of them is treating the variety, diversity, and big amount of context data. A well balanced set of parameters has to be chosen for the model design, as well as choosing an adequate abstraction level for them, e.g., the user is in a specific geographic coordinate vs. the user is in the office. Dealing with cognitive data automatically is also challenging. Emotional state of the user, quality perception and other cognitive elements have to be incorporated into the model. Users privacy problem should be also posed and discussed. Once solved, the main goal of this work is providing the open-source community with the implementation of this model, as well as those libraries and tools necessary to use it within mobile Android environments.

4. ACKNOWLEDGMENTS

This paper has been partially funded by the Cátedra SAES of the University of Murcia [4] initiative, a joint effort between SAES (<http://www.electronica-submarina.com>) and the University of Murcia (<http://www.um.es>) to work on open-source software, and real-time and critical information systems.

5. REFERENCES

- [1] A. D. Angeli, J. Hartmann, and A. G. Sutcliffe. The effect of brand on the evaluation of websites. In T. Gross, J. Gulliksen, P. Kotzé, L. Oestreicher, P. A. Palanque, R. O. Prates, and M. Winckler, editors, *INTERACT (2)*, volume 5727 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 638–651. Springer, 2009.
- [2] C. Bolchini, C. A. Curino, E. Quintarelli, F. A. Schreiber, and L. Tanca. A data-oriented survey of context models. *SIGMOD Rec.*, 36:19–26, December 2007.
- [3] C. Bolchini, C. A. Curino, E. Quintarelli, F. A. Schreiber, and L. Tanca. A data-oriented survey of context models. volume 36, December 2007.
- [4] Cátedra SAES Laboratories, University of Murcia, Spain. <http://www.catedrasaes.org>.
- [5] K.-T. Chen, C.-J. Chang, C.-C. Wu, Y.-C. Chang, and C.-L. Lei. Quadrant of euphoria: a crowdsourcing platform for qoe assessment. *IEEE Network*, 24(2):28–35, 2010.
- [6] M. Fiedler, S. Möller, and P. Reichl. Quality of experience: From user perception to instrumental metrics (dagstuhl seminar 12181). *Dagstuhl Reports*, 2(5):1–25, 2012.
- [7] R. Hassad. Faculty attitude toward technology-assisted instruction for introductory statistics in the context of educational reform. In *IASE 2012. Technology in Statistics Education: Virtualities and Realities*, Cebu City, The Philippines, 2012.
- [8] M. Hassenzahl, M. Burmester, and F. Koller. Attrakdiff: Ein fragebogen zur messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer qualität. (a questionnaire for measuring perceived hedonic and pragmatic quality). In G. Szwillus and J. Ziegler, editors, *Mensch & Computer*, pages 187–196. Teubner, 2003.
- [9] J. Hong, E. Suh, and S. Kim. Context-aware systems: A literature review and classification. *Expert Systems with Applications*, 36(4):8509 – 8522, 2009.
- [10] S. Ickin, K. Wac, M. Fiedler, L. Janowski, J.-H. Hong, and A. K. Dey. Factors influencing quality of experience of commonly used mobile applications. *IEEE Communications Magazine*, 50(4):48–56, 2012.
- [11] Z. Jaroucheh, X. Liu, and S. Smith. Recognize contextual situation in pervasive environments using process mining techniques. *J. Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2(1):53–69, 2011.
- [12] D. Kahneman, E. Diener, and N. Schwarz. *Well-being: The foundations of hedonic psychology*. Russell Sage Foundation Publications, 2003.
- [13] H. Korhonen, J. Arrasvuori, and K. Väänänen-Vainio-Mattila. Analysing user experience of personal mobile products through contextual factors. In M. C. Angelides, L. Lambrinos, M. Rohs, and E. Rukzio, editors, *MUM*, page 11. ACM, 2010.
- [14] C. Kühnel, B. Weiss, and S. Möller. Parameters describing multimodal interaction - Definitions and three usage scenarios. In T. Kobayashi, K. Hirose, and S. Nakamura, editors, *Proceedings of the 11th Annual Conference of the ISCA (Interspeech 2010)*, pages 2014–2017, Makuhari, Japan, 2010. ISCA.
- [15] P. Mateo. Android HCI Extractor. <http://code.google.com/p/android-hci-extractor>, 2011. [Online; accessed Apr. 2013].
- [16] P. Mateo and S. Hillmann. Model-based Measurement of Human-Computer Interaction in Mobile Multimodal Environments. In *NordiCHI*. ACM, 2012.
- [17] P. Mateo and S. Hillmann. PALADIN: a Run-time Model for Automatic Evaluation of Multimodal Interfaces. <http://www.catedrasaes.org/wiki/MIM>, 2012. [Online; accessed Apr. 2013].
- [18] P. Mateo and S. Hillmann. PALADIN metamodel implementation. <https://github.com/pedromateo/paladin>, 2012. [Online; accessed Apr. 2013].
- [19] K. Mitra, A. B. Zaslavsky, and C. Ahlund. A probabilistic context-aware approach for quality of experience measurement in pervasive systems. In W. C. Chu, W. E. Wong, M. J. Palakal, and C.-C. Hung, editors, *SAC*, pages 419–424. ACM, 2011.
- [20] S. Möller. *Quality of Telephone-Based Spoken Dialogue Systems*. Springer, New York, United States, 2005.
- [21] S. Möller. Parameters describing the interaction with multimodal dialogue systems. ITU-T Recommendation Supplement 25 to P-Series Rec., International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, January 2011.
- [22] Telekom Innovation Laboratories, Berlin, Germany. <http://www.laboratories.telekom.com>.
- [23] I. Wechsung, K.-P. Engelbrecht, A. B. Naumann, S. Schaffer, J. Seebode, F. Metzke, and S. Möller. Predicting the quality of multimodal systems based on judgments of single modalities. In *INTERSPEECH*, pages 1827–1830. ISCA, 2009.
- [24] I. Wechsung and A. Naumann. Evaluation methods for multimodal systems: A comparison of standardized usability questionnaires. In E. André, L. Dybkjaer, W. Minker, H. Neumann, R. Pieraccini, and M. Weber, editors, *PIT*, volume 5078 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 276–284. Springer, 2008.
- [25] I. Wechsung, M. Schulz, K.-P. Engelbrecht, J. Niemann, and S. Möller. All users are (not) equal - the influence of user characteristics on perceived quality, modality choice and performance. In R. L.-C. Delgado and T. Kobayashi, editors, *Proceedings of the Paralinguistic Information and its Integration in Spoken Dialogue Systems Workshop*, pages 175–186. Springer New York, 2011.
- [26] D. Wong and C. Baker. Pain in children: comparison of assessment scales. *IJI*, 50:7, 1988.
- [27] W. Wu, M. A. Arefin, R. Rivas, K. Nahrstedt, R. M. Sheppard, and Z. Yang. Quality of experience in distributed interactive multimedia environments: toward a theoretical framework. In W. Gao, Y. Rui, A. Hanjalic, C. Xu, E. G. Steinbach, A. El-Saddik, and M. X. Zhou, editors, *ACM Multimedia*, pages 481–490. ACM, 2009.

Order effect* y presencia de erratas en estudios de usuarios con *eye tracking

Mari-Carmen Marcos
Universitat Pompeu Fabra
Web Research Group y DigiDoc
Roc Boronat 138
08018 Barcelona
+34 935 422 496
mcarmen.marcos@upf.edu

Luz Rello
Universitat Pompeu Fabra
Web Research Group y NLP Groups
Tanger 122
08018 Barcelona
+34 935 422 964
luzrello@acm.org

RESUMEN

Este artículo presenta un estudio de usuarios con *eye tracking* en el que se ponen a prueba dos posibles causas de sesgo en los resultados: el orden en el que se presentan los textos, y la presencia de erratas. Los resultados muestran que la intensidad de la lectura es significativamente mayor en el primer texto que en el último que leen, y en la palabra con errata. Estos sesgos deben evitarse en el diseño de experimentos que impliquen lectura, especialmente si se aplican métricas de *eye tracking*.

Categorías y Descriptores de Materia

H.5.2 [User Interfaces]: Evaluation / Methodology

Términos Generales

Design, Experimentation, Human Factors, Measurement, Performance.

Palabras clave

Eye tracking. Estudios de usuarios. Test de usuarios. Tareas. Diseño de experimentos. Sesgos

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios con usuarios en laboratorio requieren un gran control para evitar sesgos que desvirtúen los resultados. Los factores que pueden intervenir introduciendo sesgos son muchos, unos vienen derivados de la propia muestra de personas que participan en el test (su motivación, su conocimiento, su estado anímico, su edad, su cultura, etc.), y otros están relacionados con el propio diseño del experimento (la redacción de las tareas, el orden en que deben realizarlas, la complejidad de éstas, la duración del test, etc.).

Se da además que en los estudios con usuarios existen diversos condicionantes que hacen que el comportamiento de los usuarios no sea un reflejo fiel de su forma de actuar fuera del contexto de la investigación. Uno de los efectos más conocidos es el llamado *Hawthorne effect*: frente a un observador, los usuarios son más activos de lo habitual [12].

Cuando los estudios de usuarios incorporan métricas, el diseño del

experimento requiere aun mayor pulcritud para que los resultados sean fiables. En este artículo hemos realizado un tests de usuarios para poner a prueba dos conocidos motivos de sesgo en los estudios con usuarios: el orden en que se presentan de las tareas (*order effect*) y la presencia de erratas en los textos. Nuestra hipótesis de partida es que ambos factores influyen en los datos resultantes de los tests con usuarios. Para acometer este estudio, las sesiones de testeo han sido grabadas con un dispositivo de *eye tracking*, que permite medir el tiempo de lectura.

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma: la sección 2 presenta los trabajos previos realizados sobre legibilidad, *order effect* y presencia de erratas en los textos testeados. La sección 3 explica la metodología aplicada; la sección 4 contiene los resultados, y finalmente la sección 5 recoge las conclusiones.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

2.1 *Eye tracking* y lectura

Los primeros estudios sobre legibilidad se realizaron en los años 30 con sujetos que leían sobre papel, y posteriormente algunos de esos primeros resultados fueron validados aplicando técnicas de seguimiento de la mirada con los primeros dispositivos de *eye tracking* [15, 20]. La investigación en este campo ha sido abundante y ha contemplado distintas metodologías, a menudo combinadas, para llegar a conclusiones sobre cuál es la presentación óptima de un texto; principalmente los autores se han interesado por la eficiencia en la lectura, para lo que han medido la velocidad de lectura de los usuarios, el grado de comprensión lectora y las preferencias de presentación de los textos.

A partir de los años 90, los estudios que hacen uso del *eye tracking* para medir la lectura aplican esta técnica a textos presentados en pantalla [1, 2]. Más recientemente se han estudiado distintas variables para determinar cuál es la mejor combinación para la lectura en pantalla, llegando a la conclusión de que, en general, mayores valores benefician la legibilidad y agradan más a las personas: tamaños de letra grande, amplio espacio entre caracteres y entre líneas, y mayor ancho de línea, entre otros, al menos para textos en español testeados con lectores nativos [18].

En los estudios referenciados, la métrica utilizada casi siempre es “*fixation duration*”, es decir, el tiempo que dura cada fijación que la persona realiza sobre el texto, entendiendo por una fijación la permanencia de la vista fija sobre una zona concreta de la pantalla. Existen otras métricas que son indicio de la intensidad de

la lectura y que hemos aplicado en el presente estudio, las presentaremos en la sección 3.5.

2.2 Order effect

Sobre el efecto que tiene el orden de presentación de elementos en estudios en los que participan usuarios hay evidencia de que los elementos presentados en primer lugar reciben más atención. El trabajo de [3] ya lo indica así, ellos lo denominan "*primacy effect*" y achacan esta atención a que el usuario llega con la mente fresca, sin haber procesado antes una información similar. Este efecto se ha observado en distintos contextos como las opciones escogidas en las encuestas, los ítems más seleccionados en los menús de navegación de una página web, los resultados escogidos en una búsqueda, o los estudios de usabilidad web.

El estudio de [8] muestra cómo las primeras opciones que se dan como posibles respuestas son más escogidas que las que se ponen al final de la lista, que apenas son vistas. Siguiendo esta lógica se han planteado estudios que pretenden saber si los usuarios ven antes los ítems que se les ha pedido localizar (por estar predispuestos a ello) y si retienen en la memoria aquellos ítems que están al final de la lista de elementos de cada menú [4, 14] inversamente a lo esperado, sus resultados indican que no se da este efecto, al menos en los menús testeados.

Sí que se obtienen resultados muy significativos en los estudios sobre el efecto del orden de los resultados obtenidos en una búsqueda: los usuarios suelen preferir los que están más arriba aunque no sean necesariamente los más relevantes [6, 7, 9, 13].

Por otro lado, el orden en el que se presentan las tareas es un motivo de sesgo para los resultados. En la primera tarea el usuario está más alerta porque aun no ha tomado confianza con la situación, con lo que va a hacer, con lo que le espera. A medida que avanzan las tareas aumenta la confianza, el usuario se relaja y su comportamiento cambia. Los estudios científicos llaman a esto *order effect* y en el diseño de los experimentos a menudo se palia introduciendo aleatoriedad y/o rotación en el orden de las tareas. La aleatoriedad (*randomization*) consiste en presentar a cada usuario un orden distinto, asignado aleatoriamente; la rotación (*counterbalance*) consiste en hallar todas las posibles combinaciones en el orden de las tareas de manera que se disponga de una muestra de usuarios que cubra todas las opciones posibles, como el diseño *latin square*.

Al aplicar estos cambios en el orden en que se presentan las tareas se palia el efecto que puede tener, que normalmente suele consistir en que la primera tarea se realiza con más incertidumbre, se tarda más, y suele tener un peor resultado, mientras que la última suele ocurrir todo lo contrario: se tarda menos en realizar y se realiza con mayor éxito.

2.3 Presencia de erratas

La atención que las personas ponemos en la lectura depende directamente de la tarea que vayamos a realizar. Cuando el objetivo de la lectura es la revisión de un texto en busca de errores, la lectura es más detenida y más intensa que cuando leemos con intención de comprender un texto, como se demuestra en [11].

Ocurre también que las personas tendemos a fijarnos en lo distinto, en lo que nos resulta difícil, no esperábamos o no habíamos predicho. De hecho, un estudio realizado con *eye tracking muestra* que las palabras menos frecuentes reciben más fijaciones que las conocidas [5, 17], algo que también sucede cuando se trata de erratas: según el estudio de [16], las fijaciones son más y de mayor duración en el texto con erratas, y la duración

de lectura total del texto también es mayor, con lo que el rendimiento baja en los textos con errores; al mismo tiempo, el porcentaje de respuestas acertadas en el test de comprensión lectora descendió un 30% con respecto a los que leyeron el texto sin erratas.

3. METODOLOGÍA

Se prepararon varios textos y se pidió a un grupo de personas que los leyeran, de forma seguida y una sola vez, mientras la sesión se grababa con un *eye tracker*. Los datos se utilizaron para dos experimentos: el Experimento 1 estudiará el *order effect*, y el Experimento 2 la presencia de erratas.

Participantes. 88 personas voluntarias, hablantes nativos de español y lectores frecuentes, participaron en este estudio. 34 eran hombres y 54 mujeres, de entre 17 y 57 años, en promedio 26,03 años.

Textos. Se prepararon 14 páginas de texto, de las cuales analizaremos el comportamiento visual en la primera y la última, extraídas de la novela *Los impostores*, de Lucas Sánchez. Ambas se mantenían invariables tanto en el orden que ocupaban en la secuencia de páginas como en su *layout*, (tamaño de letra, tipo de fuente, color de fuente y fondo, interlineado y ancho de línea), y se presentaban en pantalla.

El texto inicial se componía de 93 palabras, y el texto final de 91. De cara a obtener métricas comparables entre ambos textos, para el Experimento 1 (*order effect*) se han excluido de los datos extraídos del texto 1 las fijaciones realizadas sobre 3 palabras: dos que forman una frase en un párrafo aparte y la palabra con errata ("siencio"). De esta forma ambos textos se componen de 91 palabras para analizar y no contienen ninguna errata. En relación al Experimento 2, el texto utilizado ha sido el inicial con sus 93 palabras, contabilizando en él únicamente las fijaciones producidas en las palabras objeto de estudio: "silencio" escrito correctamente, y su variación con errata "siencio". A diferencia de [16], las métricas del Experimento 2 fueron tomadas para cada palabra, y no para el texto completo.

Laboratorio. Los tests tuvieron lugar en diciembre de 2012 en la Universitat Pompeu Fabra. Se usó el modelo de *eye tracker* Tobii 1750, con resolución de 50Hz, que consiste en un monitor provisto de sensores con luz infrarroja capaces de detectar la pupila del usuario, seguir sus movimientos y grabarlos. Para la grabación se utilizó el programa Tobii Studio 2.2.7.

Métricas. Se han analizado los datos provenientes de cuatro métricas que proporciona Tobii Studio:

- *Fixation Duration*: tiempo que dura cada fijación, calculado en segundos.

- *Total Fixation Duration*: suma de todas las fijaciones realizadas sobre el área de interés delimitada (AOI). En el Experimento 1 se marcaron los textos completos de la página inicial y de la página final. En el Experimento 2 se marcaron como AOIs la palabra correcta y la palabra con errata. Métrica calculada en segundos.

- *Fixation Count*: número de fijaciones realizadas sobre cada AOI.

- *Total Visit Duration*: tiempo de lectura en cada AOI. Incluye parpadeos y otras situaciones en las que eventualmente el usuario no esté mirando la pantalla. Calculada en segundos.

Según los estudios de [10, 19], las métricas de *eye tracking* aplicadas a la lectura de textos se interpretan de la siguiente manera: a mayor tiempo de lectura, mayor carga cognitiva, por lo tanto mayor dificultad en la lectura.

Análisis estadístico. Para el Experimento 1 se han registrado datos válidos de 87 usuarios. En el Experimento 2 se han registrado datos de 79 usuarios (el resto no presentaba fijaciones en ninguna de las dos palabras estudiadas). Dado que es un mismo grupo de personas las que se someten a ambas condiciones en cada caso, se aplicarán tests de comparación de promedios para datos pareados: t-test de datos pareados para los datos paramétricos y test de Wilcoxon para los datos no paramétricos. Para la extracción y el análisis de los datos se usó la versión 3.0.2 de Tobii Studio. Para el análisis estadístico se ha utilizado el programa R en su versión 2.15.3.

4. RESULTADOS

4.1 Experimento 1. Order effect

Este experimento compara el comportamiento de lectura en dos textos: uno que se muestra al comienzo de la sesión y otro que se muestra al final. Debido al *order effect* es de esperar que las personas lean con mayor detenimiento el primer texto que se les presenta, ya que tienen incertidumbre sobre la situación, no saben qué tipo de lecturas van a tener que leer, si va a haber preguntas o no, si serán largas o cortas, etc.

Se ha aplicado el test Shapiro-Wilk a los datos para saber si su distribución es normal. Los datos para las métricas *Fixation Duration* y *Total Fixation Duration* siguen una distribución normal, así que en estos dos casos se utilizarán tests paramétricos (Tabla 1). En cambio las métricas *Fixation Count* y *Total Visit Duration* no siguen esta distribución esperada, por lo que en estos casos se usarán tests no paramétricos (Tabla 2).

Tabla 1. Experimento 1. Order effect. Parte superior: promedio (\bar{x}) medido en segundos y desviación típica (DT) para las métricas *Fixation Count* y *Total Visit Duration*. Parte inferior valor t, intervalo de confianza (df) y valor p de la comparación de promedios con un *paired t-test*

	Fixation Duration		Total Fixation Duration	
	\bar{x}	DT	\bar{x}	DT
Inicial	0,19	0,03	19,42	7,04
Final	0,18	0,03	17,70	5,89
t	3,75		3,32	
df	86,00		85,00	
valor p	<0,000*		0,001	

El resultado del test de comparación de promedios indica que hay una diferencia significativa entre el comportamiento de los usuarios al leer el texto inicial y el texto final. Esta diferencia se da para la métrica *Fixation Duration*, que es significativamente mayor en el texto inicial que en el texto final (*Fixation Duration*: PromedioInicial=0,19, PromedioFinal=0,18; $t=3,75$, $df=86$, valor $p<0,000^*$). También es significativa la diferencia entre el tiempo total que los usuarios dedican a fijar su mirada en el texto, siendo mayor en el texto inicial (*Total Fixation Duration*: PromedioInicial=19,42, PromedioFinal=17,70; $t=3,32$, $df=85$, valor $p=0,001$). En cambio no se obtienen diferencias significativas en el número de fijaciones realizadas en cada texto ni en la duración total de la lectura.

Tabla 2. Experimento 1. Order effect. Parte superior: promedio (\bar{x}) medido en segundos y desviación típica (DT) para las métricas *Fixation Duration* y *Total Fixation Duration*. Parte inferior V de Wilcoxon y valor p de la comparación de promedios

	Fixation Count		Total Visit Duration	
	\bar{x}	DT	\bar{x}	DT
Inicial	99,53	30,08	26,71	7,02
Final	94,97	25,82	25,43	6,25
V	2126,5		2280,5	
valor p	0,128		0,078	

4.2 Experimento 2. Presencia de erratas

En este caso se trata de comparar el comportamiento de lectura en una palabra en particular que aparece dos veces en el mismo párrafo, una vez escrita correctamente y otra vez con una errata que consiste en la falta de una letra: “silencio” y “siencio”. Ya que los datos de las distintas métricas extraídas no siguen una distribución normal, se han aplicado tests no paramétricos en la comparación de las muestras.

El mapa de calor revela diferencias en la intensidad de las miradas, que es mayor en la palabra con errata (Figura 2). Este resultado se constatan en las cuatro métricas, para las que se observan diferencias significativas (Tabla 3).

Tabla 3. Experimento 2. Presencia de erratas. Parte superior: promedio (\bar{x}) medido en segundos y desviación típica (DT) para las métricas *Fixation Duration*, *Total Fixation Duration*, *Fixation Count* y *Total Visit Duration*. Parte inferior: V de Wilcoxon y valor p de la comparación de promedios

	Fixation Duration		Total Fixation Duration		Fixation Count		Total Visit Duration	
	\bar{x}	DT	\bar{x}	DT	\bar{x}	DT	\bar{x}	DT
Correcta	0,20	0,07	0,35	0,22	1,78	0,99	0,37	0,24
Errata	0,24	0,15	0,68	0,70	2,77	2,17	0,73	0,75
V	1125,0		789,5		281,0		743,5	
valor p	0,039		<0,000*		<0,000*		<0,000*	

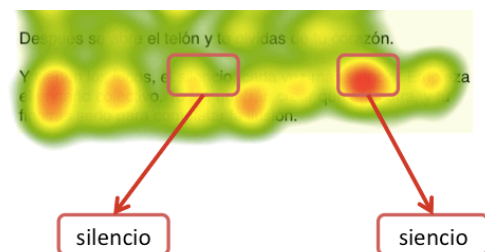


Figura 2. Mapa de calor del tiempo relativo que los usuarios miran las palabras. El rojo representa mayor duración de las fijaciones.

5. Discusión y trabajo futuro

Hemos presentado un estudio de usuarios en el que se mide el comportamiento visual de las personas durante la lectura de textos en pantalla. Los resultados, obtenidos por primera vez con un *eye tracker*, muestran dos factores que influyen:

Order effect. Las personas invertimos más tiempo en leer el primer texto que el último en una secuencia de textos. El motivo puede ser que el usuario se siente más en confianza con las tareas que se le pide que realice a medida que avanza en ellas. Por ello, en el diseño de tareas para tests con usuarios será indispensable proporcionar los ajustes necesarios, como añadir una primera tarea "placebo" para romper ese primer momento, y aplicar o bien una aleatoriedad al orden de las tareas o una rotación que asegure que todas las tareas ocupan todos los puestos posibles.

Presencia de erratas. Las personas dedicamos más tiempo a leer las palabras con erratas. Esto implica que la carga cognitiva que requiere procesar una palabra incorrecta es superior. Por ello es importante ser pulcros con los textos que los usuarios han de leer durante un test, sobre todo si se controla el tiempo.

En próximos experimentos se contrastarán los resultados con una mayor muestra de textos, estudiando el comportamiento visual según se avanza en la lectura de ellos, serán de mayor extensión, de distintos estilos narrativos; se pedirá a los usuarios que realicen tareas que impliquen leer, pero planteadas de modo que el objetivo de la tarea no sea leer sin más. También se mejorará el diseño del experimento introduciendo rotación en los textos analizados, de manera que la mitad de los usuarios vean primero el inicial y la otra mitad vieran primero el final, y viceversa; y con mayor número y variedad de erratas.

6. AGRADECIMIENTOS

Trabajo parcialmente financiado por el proyecto Hypergraph (TIN2009-14560-C03-01) del Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Gracias a los participantes, y gracias a J. Bustillo, J. Costa y E. Lamarca por su soporte en las sesiones de testeo.

7. REFERENCIAS

- [1] Beymer, D., Russell, D. R., and Orton, P. Z. 2008. An eye tracking study of how font size and type influence online reading. *BCS HCI 2008*, 15-18
- [2] Beymer, D., Russell, D. R., and Orton, P. Z. 2005. Wide vs. Narrow Paragraphs: An *Eye tracking* Analysis. *Interact 2005. Lecture Notes in Computer Science*, 3585/2005, 741-752.
- [3] Deese, J., and Kaufman, R.A. 1957. Serial effects in recall of unorganized and sequentially organized verbal material. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 3, 180-187.
- [4] DeWitt, A. 2010. Examining the Order Effect of Website Navigation Menus With *Eye tracking*. *Journal of Usability Studies*, 6,1, (November 2010) 39-47, http://www.upassoc.org/upa_publications/jus/2010november/JUS_DeWitt_November_2010.pdf
- [5] Do Canto Angonese, B. 2011. Memoria del proyecto de Ingeniería Informática. http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/196697/PFC_BibianaDoCantoAngonese.pdf?sequence=1
- [6] Eisenberg, M., and Barry, C. 1988. Order effects: A study of the possible influence of presentation order on user judgments of document relevance. *Journal of the American Society of Information Science*, 39, 5, 293-300.
- [7] Enquiro. 2005. Did-It, *Enquiro and Eyetools uncover search's golden triangle*, <http://web.archive.org/web/20070103095330/http://www.enquiro.com/eye-tracking-pr.asp> - <http://web.archive.org/web/20070103095330/http://www.enquiro.com/eye-tracking-pr.asp>
- [8] Galesic M., Tourangeau R., Couper M.P., and Conrad F.G. 2008. Eye-Tracking Data New Insights on Response Order Effects and Other Cognitive Shortcuts in Survey Responding *Public Opin Q.*; 72, 5, 892-913.
- [9] Joachims, T., Granka, L., Pan, B., Hembrooke, H., Radlinksi, F., and Gay, G. 2007. Evaluating the accuracy of implicit feedback from clicks and query reformulations in Web search. *ACM Transactions on Information Systems*, 25, 2.
- [10] Just, M., and Carpenter, P. 1980. A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87, 329-354.
- [11] Kaakinen JK, and Hyönä J. 2010. Task effects on eye movements during reading. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 36, 6, 1561-1566.
- [12] Lew, L., Nguyen, T., Messing, S., and Westwood, S.J. 2011. Of course I wouldn't do that in real life: advancing the arguments for increasing realism in HCI experiments. *CHI EA '11, CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 419-428.
- [13] Marcos, M. C., and González-Caro, C. 2010. El comportamiento de los usuarios en la página de resultados de los buscadores: un estudio basado en la técnica de eye tracking. *El Profesional de la Información*, 19, 4 (julio-agosto 2010), 348-358.
- [14] Murdock, B.B. 1962. The serial position effect of free recall. *Journal of Experimental Psychology*, 64, 482-488.
- [15] Paterson, D.G., and Tinker, M.A. 1947. The Effect of Typography upon the Perceptual Span in Reading. *American Journal of Psychology*, 60 (1947), 388-396.
- [16] Rello, L., and Baeza-Yates, R. 2012. Lexical quality as a proxy for web text understandability. In: *The 21st International World Wide Web Conference (WWW 2012)*, Lyon, France.
- [17] Rello, L.; Baeza-Yates, R.; Dempere, L., and Saggion, H. 2013. Frequent words improve readability and short words improve understandability for people with dyslexia. *Interact 2013: 14th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction* (Cape Town, South Africa, 2013).
- [18] Rello, L., and Marcos, M. C. 2012. An *Eye tracking* Study on Text Customization for User Performance and Preference. *LA-Web 2012* (Cartagena, Colombia, 25-27 October 2012), 64-70.
- [19] Sereno, S., and Rayner, K. 2003. Measuring word recognition in reading: eye movements and event-related potentials. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 11, 489-493.
- [20] Tinker, M.A., and Paterson, D.G. 1955. The Effect of Typographical Variations upon Eye Movement in Reading. *Journal of Educational Research*, 49, 171-18.

Interacción, Enseñanza y Aprendizaje

<i>Diseñando un juego educativo: La importancia de la historia y los personajes.</i> José Rafael López-Arcos, Natalia Padilla-Zea, Patricia Paderewski, Francisco Luis Gutiérrez y Ana Abad-Arranz (L)	53
<i>Co-StiCap: Sistema Basado en Interfaces de Usuario Distribuidas y Tangibles Para Mejorar las Capacidades Cognitivas en Niños con TDAH.</i> Elena de La Guía, María-Dolores Lozano y Víctor M. R. Penichet (L)	61
<i>EMODIANA: Un instrumento para la evaluación subjetiva de emociones en niños y niñas.</i> Carina González, Mariana Cairos y Vicente Navarro (C)	69

Diseñando un juego educativo: La importancia de la historia y los personajes

J. R. López-Arcos
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034958241717
jrlarco@ugr.es

N. Padilla-Zea
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034958241717
npadilla@ugr.es

P. Paderewski
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034958243178
patricia@ugr.es

F. L. Gutiérrez
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034958242812
fgutierr@ugr.es

A. Abad-Arranz
Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo
Aranda, s/n
Telf.: 0034958241717
ana.abadarranz@gmail.com

ABSTRACT

Uno de los principales inconvenientes que suele aparecer en los procesos de aprendizaje es el fomento de la motivación, que favorece la implicación de los alumnos en dicho proceso. La incorporación de algunos contenidos educativos en videojuegos se ha revelado como una buena forma de fomentar esta motivación. En este trabajo, abordamos el diseño del videojuego “Ato en el País de los Números” utilizando un procedimiento de *diseño centrado en el usuario*, en particular, para la historia y los personajes de dicho juego. Para hacerlo, presentamos el proceso seguido para la versión inicial de la historia y los personajes, así como el caso de estudio en el que evaluamos dicha propuesta con los que serán usuarios finales del juego, es decir, con los alumnos y maestros.

Categories and Subject Descriptors

H5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

General Terms

Measurement, Performance, Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Educational video games, storytelling, characters for children.

1. INTRODUCTION

La memoria episódica es aquella que está relacionada con el conocimiento contextual de cada suceso autobiográfico. Existen evidencias desde el punto de vista neurológico de que esta memoria puede ser activada mediante estímulos emocionales. En el caso de episodios de aprendizaje, por ejemplo, el contenido

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

educativo se suele apoyar con elementos visuales [1].

Uno de los métodos establecidos para involucrar emocionalmente a un individuo es mediante el uso de una historia. Existen dos estrategias para presentar una historia y, por tanto, para transmitir contenido educativo por medio de ésta: narrativa lineal (linear storytelling) y narrativa no lineal (non-linear storytelling). En el primer caso, cada elemento de la historia está planificado previamente. La historia llega al espectador tal y como fue diseñada por el autor. En el caso de la narrativa no lineal, elementos externos a la historia pueden cambiar el contenido de la misma de alguna manera.

No se debe confundir el concepto de linealidad con el de interactividad. Por ejemplo, existen libros interactivos que permiten leer diferentes historias dependiendo de las decisiones del lector, pero cada una de esas historias o combinación de partes de historia se presenta al lector de forma lineal [2]. En este documento, utilizaremos *historia interactiva* como sinónimo de *historia interactiva no lineal*.

Ofrecer diferentes caminos en la historia y mostrarla de forma no lineal facilita el aprendizaje, ya que el usuario actúa según criterios propios, velocidad, estrategias y capacidades en general. De hecho, el proceso de crear la historia llevado a cabo por parte del usuario ofrece una motivación añadida que incentiva el aprendizaje por medio de la narrativa [3].

Al enfrentarse al diseño de la historia de un videojuego, o de una historia en general, uno de los primeros retos consiste en definir los personajes que participarán en ella. Para que el receptor de la historia se vea involucrado, es muy importante que tanto el protagonista como el resto de personajes sean coherentes y creíbles. Además, la complejidad de los personajes depende en gran medida de las características y rango de edad del público objetivo [4], lo cual, en nuestro caso, es muy relevante debido a la corta edad de nuestro público objetivo. Muchos autores han desarrollado técnicas para ayudar en el diseño de la historia y los personajes, basándose muchos de ellos en los trabajos de Joseph Campbell [5]. Utilizaremos algunas de ellas, basadas en clichés o elementos que se repiten de forma asidua en historias de todo tipo.

Actualmente, nuestro trabajo está centrado en la narrativa digital. Nuestro objetivo final en esta línea de investigación es desarrollar

un método para modelar y evaluar la línea argumental de un videojuego educativo (VJE). Concretamente, en la actualidad estamos trabajando en la componente narrativa de los videojuegos educativos orientado a niños con el fin de analizar la efectividad de la motivación que produce la historia en el jugador. En el estudio que describimos en este artículo, hemos realizado una primera aproximación centrándonos en la evaluación de los personajes de un videojuego orientada a niños de 3 a 5 años. La experiencia consiste en realizar actividades participativas con grupos de alumnos de la edad objetivo. De este modo, el evaluador puede observar de qué forma el usuario reacciona y se involucra con la historia y los personajes en las primeras fases del desarrollo del producto.

En el presente documento, en primer lugar, repasamos nuestros trabajos anteriores relacionados con esta línea de investigación. A continuación, se analizan los elementos clave de la narrativa y cómo adaptarlos a las historias contadas a través de videojuegos educativos. Seguidamente, nos centramos en el análisis de uno de los elementos más importantes de toda narración: los personajes y, concretamente, su diseño cuando queremos que estén orientados a niños. Por último, presentamos el caso de estudio realizado, explicando las principales conclusiones, así como las líneas de trabajo futuro que surgen de las mismas.

2. TRABAJOS PREVIOS

Este trabajo surge como resultado de una investigación global acerca de la calidad de los videojuegos educativos y su relación con el diseño de los mismos. Así, inicialmente, se enriqueció la evaluación de los videojuegos mediante la incorporación del análisis de las emociones que éstos producen al jugador [6].

Sin embargo, nuestro interés ha estado más enfocado en el aprendizaje en edades tempranas, por lo que muchas de las técnicas utilizadas en el trabajo anteriormente indicado no podían utilizarse con niños (3-7 años). Este interés dio lugar a la propuesta de un método de evaluación de emociones en niños [7], basado en los tres hitos típicos de la evaluación (pre-test, test, post-test), pero incorporando distintos elementos que permitían aplicarlo en usuarios de menor edad.

Como resultado de dicho trabajo y su aplicación en el videojuego educativo “La aventura de Ato”, obtuvimos un conjunto de conclusiones y líneas de trabajo. En particular, queremos destacar las relacionadas con aspectos de la narrativa del juego y los personajes, por las posibilidades de investigación que presentan.

Hemos abordado el estudio de la narrativa en dos fases. La primera de ellas ha consistido en la formalización de la historia [8]. Se ha propuesto una división de la historia en escenas, que se agrupan en secuencias; las secuencias se agrupan en capítulos; y los capítulos en historias. De esta manera, cada uno de los elementos se puede intercambiar con otros, siempre que se respeten un conjunto de restricciones. Esto nos permite modelar y usar historias interactivas, donde la evolución de la misma puede estar condicionada, en cierta medida, por las decisiones del jugador.

Además, sin perder de vista el carácter educativo de nuestros juegos, la propuesta permite eliminar e intercambiar escenas de acuerdo a los contenidos educativos establecidos por el tutor. Para ello se incorporan las *escenas alternativas*, que permiten resumir una parte de la historia cuyo contenido educativo no está incluido en el juego; y las *escenas gemelas*, cuyo objetivo es dar sentido a la repetición de actividades de contenido educativo, si éstas tienen

que realizarse más de una vez porque el alumno no ha conseguido alcanzar los conocimientos esperados.

La segunda fase, que se abordará a partir de las conclusiones obtenidas en este trabajo, pretende formalizar la narrativa por medio un conjunto de reglas y guías que faciliten al diseñador del juego el diseño de una historia adecuada, esto es, que facilite la incorporación de contenidos educativos con sentido y que mantenga la motivación del alumno.

Por otra parte, la importancia de los personajes y su papel en la historia quedó también patente en las conclusiones obtenidas en [7], donde comprobamos que los personajes que menos agradaron a los niños fueron aquellos con los que no se identificaban. Como ejemplo de esto, en el caso particular del videojuego “la Aventura de Ato”, foco de dicho estudio, los personajes que jugaban al béisbol no fueron escogidos entre sus personajes favoritos por ninguno de los sujetos, por la escasa tradición de este deporte que hay en nuestro país.

3. NARRATIVA: HILO CONDUCTOR DEL APRENDIZAJE

Según Vogler [9], en toda composición narrativa aparecen, de alguna manera, una serie de elementos comunes. El autor denomina a esta forma de estructura narrativa *el viaje del héroe* y la describe mediante un conjunto de etapas que abstraen los distintos hitos típicos de una línea argumental. El trabajo de Vogler no pretende, sin embargo, proporcionar un molde en el que encajen todas las historias existentes, sino una guía de estilo que permita crear y evaluar una narración. Por tanto, las etapas que describimos a continuación podrán sucederse en distinto orden o incluso no aparecer y adaptarse al tipo de historia concreta que estemos tratando (Figura 1):

- El mundo ordinario.
- La llamada de la aventura.
- El rechazo de la llamada.
- El mentor.
- La travesía del primer umbral.
- Las pruebas, los aliados y los enemigos.
- La aproximación a la caverna más profunda.
- La odisea.
- La recompensa.
- El camino de regreso.
- La resurrección.
- El retorno con el elixir.

La estructura de *el viaje del héroe* presentada por Vogler tiene gran aceptación en la comunidad del cine [10], los videojuegos [11] y de la literatura y, en general, en cualquier arte que permita narrar historias complejas. Además, Vogler justifica su teoría con un profundo estudio de narraciones clásicas y modernas. Es por esto que hemos decidido servirnos de *el viaje del héroe* para tener una base sólida sobre la que apoyar nuestro trabajo.

Cierto es que el mundo de los videojuegos es claramente distinto a cualquier otro medio mediante el que se puedan narrar historias. Por ello, no podemos pasar por alto teorías como las que expone Jenkins en [12]. Aquí, el autor explica 5 aspectos sobre la narrativa en los videojuegos. Teniendo en cuenta que nosotros

utilizaremos la historia como un elemento motivador, es interesante detenernos en los dos últimos de estos aspectos:

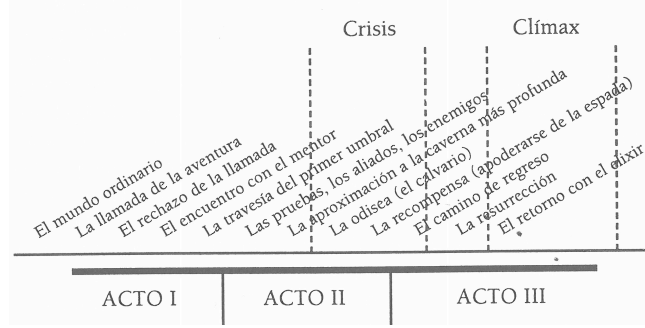


Figura 1 El viaje del héroe [9]

“La experiencia de jugar a videojuegos no puede ser nunca simplemente reducida a la experiencia de la historia”. Con esto, el autor remarca la importancia de una componente lúdica bien construida en el videojuego.

“Si algunos juegos cuentan historias, es poco probable que lo hagan de la misma forma que otros medios”. Esto contrasta con lo expuesto anteriormente en este apartado y es casi intuitivo que los videojuegos necesiten de teorías narrativas específicas. Sin embargo, a falta de teorías ampliamente aceptadas, en nuestro trabajo vamos a partir de la estructura presentada por Vogler. En un futuro, pretendemos avanzar en la construcción de una adaptación más concreta para videojuegos de esta estructura.

3.1 Incorporación de la estructura narrativa a los VJE

En trabajos previos, hemos estudiado las características de los videojuegos como elementos motivadores del proceso de aprendizaje y, en el caso particular de los niños, pensamos que transmitir sentimientos y emociones es una manera eficiente de favorecer la motivación. Por otro lado, los videojuegos tienen un marcado carácter interactivo, lo que facilita que el jugador se involucre en la historia y facilita que afloren diversas emociones.

Un método muy utilizado para involucrar al jugador es tratarles a él y al héroe del videojuego como si ambos fuesen un mismo ente. Para ello, muchos creadores simplifican la personalidad del protagonista del juego, facilitando que el jugador, inconscientemente, le otorgue su propia personalidad o aquella con la que más simpatice. Un ejemplo extremo de esta técnica consiste en hacer que el héroe no hable, eliminando así su personalidad por completo. Esto permite al jugador interactuar directamente con el resto de los personajes, sin usar al protagonista como intermediario. Esta técnica se ha usado en las franquicias de videojuegos desarrolladas por Nintendo, como son *The Legend of Zelda* o *Donkey Kong*, por ejemplo. Y también en juegos como *Fallout* o *The Elder Scrolls V: Skyrim*. Esto no limita la evolución del personaje, sino que permite al jugador asimilar como propios los cambios en los intereses y objetivos del héroe y hacerlo de forma natural. De esta forma, aumenta la inmersión del jugador en la historia y su implicación a nivel emocional con ella.

Por otra parte, la incorporación de una historia estructurada a un contenido educativo, convirtiéndolo así en un juego, es una tarea compleja: el ritmo de la narración debe estar ajustado para que todas las partes tengan la duración adecuada (lo contrario podría conllevar una disminución del flujo motivacional), la historia tiene que desarrollarse de acuerdo a las actuaciones del jugador, los personajes deben apoyar al jugador y al desarrollo de la

historia y, todo ello, debe estar sincronizado con un contenido que el alumno está aprendiendo mientras juega.

Para abordar esta complejidad, actualmente estamos trabajando en un modelo que formaliza la estructura de una historia no lineal, facilitando su diseño, su integración en el VJE y su evaluación [8]. La teoría del *viaje del héroe* nos permite valorar la calidad formal de una narración y es por eso que la consideramos un complemento importante para desarrollar nuestra investigación.

En nuestro modelo de historia, se pueden definir restricciones de orden entre las diferentes partes de la narración. Estas restricciones pueden ser utilizadas por el desarrollador para forzar que la historia sea jugada sin romper la estructura que se ha diseñado basándose en *el viaje del héroe*. El principal problema que se plantea es que el hecho de añadir restricciones pueda eliminar gran parte de la libertad del jugador para vivir la historia de la manera deseada. El diseño de la historia interactiva debe hacerse atendiendo a ambas ideas de forma que se llegue a una solución óptima.

El modelo propuesto permite unir la historia a las actividades educativas y lúdicas del videojuego. Como cada una de estas tres facetas del juego tiene sus propias restricciones en cuanto a la forma en la que el jugador avanza a través de ellas, el modelo proporciona herramientas para facilitar la definición de las relaciones entre estas restricciones. De este modo, aunque la historia es interactiva y, por tanto, se le da al jugador libertad para vivirla de diferentes formas; las actividades lúdicas presentan restricciones de usabilidad, como una necesaria curva de aprendizaje; y las actividades educativas pueden ser modificadas en tiempo real dependiendo de las necesidades del alumno. La coherencia que debe mantener todo el entramado será fácil de conseguir gracias a nuestro modelo.

Concretamente, en este artículo vamos a presentar un caso de estudio de un videojuego educativo orientado a niños de 3 a 5 años. En este caso particular, es necesario hacer la observación de que las historias a modelar en los juegos orientados a este tipo de público serán, naturalmente, muy simples. Esto implica que la interactividad que presenten estas historias será suficientemente baja, de forma que no produzca confusión a este tipo concreto de jugadores, pero sí produzca la motivación deseada. Por ello, habrá ciertas etapas (siguiendo con la idea de *el viaje del héroe*) en las que podrá presentar muchos caminos diferentes que se podrán jugar además en cualquier orden. Por ejemplo, la etapa de *la aproximación a la caverna más profunda*, podrá consistir en muchas escenas que se podrán jugar en cualquier orden pero que confluirán todas en el enfrentamiento con el enemigo en *la odisea*.

Por supuesto, en un juego para niños, muchas de las etapas descritas no llegarán a ocurrir en la historia, por la simplicidad de ésta y sus características particulares. De hecho, *el rechazo de la llamada* no tiene mucho sentido en una historia para niños, ya que esto puede confundirlos, a no ser que el aprendizaje o moraleja que se obtiene de la historia tenga que ver muy directamente con esa actitud en principio negativa del protagonista. En la etapa de *la odisea*, por ejemplo, también existe una actitud de abandono (o muerte simbólica) del héroe que no es fácil transmitir de forma apropiada a niños de esta edad.

4. LOS PERSONAJES

Los personajes constituyen un elemento absolutamente indispensable en una historia ya que, mediante su propio desarrollo, producen el progreso de la narración. Además, la

historia afecta a los personajes, provocando en ellos muestras de sentimientos y emociones que se ven reflejadas en el espectador al verse éste identificado. Es muy importante para ello que el personaje sea creíble, consistente y que tenga características y actitudes comunes a toda persona, sin olvidar otorgarle algún rasgo especial que lo haga más atractivo. Por tanto y a raíz de lo descrito en el apartado anterior, se puede deducir que el diseño de los personajes requiere un alto grado de esfuerzo y minuciosidad para que la historia funcione correctamente y sirva así como elemento motivacional.

4.1 La importancia de los personajes

En [9], se analiza un conjunto de personajes que suelen aparecer en historias de cualquier tipo. Estos personajes comunes fueron descritos por el psicólogo helvético Carl G. Jung [13], que empleó para ello el concepto de *arquetipo*, con el que hace alusión a modelos de personalidad arraigados en la especie humana. Estos arquetipos son: el héroe, el mentor, la figura cambiante, el embaucador, el heraldo, los aliados, la sombra y los guardianes del umbral.

Al igual que ocurría con las etapas del viaje del héroe, los arquetipos no están concebidos como un patrón que haya que incluir obligatoriamente en toda historia. Sin embargo, se proponen como modelos que ayudan a crear personajes consistentes. En el proceso de desarrollo de un personaje, de sus acciones y su evolución, el autor puede servirse de uno o varios arquetipos que considere adecuados para el papel que cumple en la historia. Esto facilita que el personaje no actúe de forma contradictoria o que tenga comportamientos que resulten extraños y provoquen el desinterés del espectador.

No obstante, no todas las historias necesitan todos los arquetipos, ni todos los personajes necesitan adaptarse a un arquetipo concreto, sino que pueden moverse de uno a otro. Lo importante es que cada personaje funcione en la historia y la enriquezca.

Basándose, en gran parte, en el estudio que acabamos de describir, en [11] los autores describen una propuesta específica para videojuegos. Esta propuesta está basada en las teorías de Vogler que, como ya hemos mencionado, cuentan con gran aceptación. Por ello, aceptamos como válidos los arquetipos que presenta y basamos en ella nuestro desarrollo. :

- El joven héroe: Está ansioso por demostrar su valía y emprender una aventura. Suele resolver el problema en el que se ve envuelto y es entusiasta, optimista, alegre y filántropo.
- El antihéroe: Aunque al principio no sea un tipo simpático y evite ayudar a los demás si esto le supone una carga, a menudo cambia su actitud a lo largo de la historia.
- El mejor amigo: Proporciona equilibrio a la conducta del héroe ya que en determinados momentos se muestra entusiasta y le empuja a la acción y, en otras ocasiones, le insta a reconsiderar lo que va a hacer.
- La persona especial: Es un ser solitario y posee algún poder especial que otros tratan de robarle. Debido a su vida difícil, su personalidad puede tomar dos caminos: seguro, inteligente y optimista, o distante y arisco.
- El mentor: Es más sabio, viejo y experimentado que el héroe. Suele proporcionar un don o herramienta al héroe que le servirá para completar su aventura. Suele ser un antiguo héroe que necesita garantizar el éxito del héroe en una misión que él ya no puede cumplir.

- El veterano: Está curtido y experimentado en tareas del mismo tipo que la que ocupa al héroe. Es resistente y extremadamente práctico. De carácter rudo, suele actuar a veces como mentor.
- El jugador: Muestra ambigüedad a la hora de demostrar si está del lado del héroe o del villano y cambia con facilidad de bando para asegurarse su propio éxito.
- El seductor: Codicioso y oportunista, utilizará sus encantos para conseguir lo que quiere. Es implacable ante cualquiera que considere una amenaza para sus ambiciones. Al final suele revelarse o bien como un villano cruel o como alguien que desea ser amado por cómo es, no por su apariencia.
- El delincuente habitual: Este personaje puede conseguir cualquier elemento o realizar cualquier trabajo pero siempre con métodos dudosamente legales.
- El frío y calculador villano: Es inteligente y despiadado. Sus planes son grandes y complejos y no dudará en hacer cualquier sacrificio o en eliminar a quien se interponga entre él y el éxito. Se ve a sí mismo como un verdadero héroe.
- Guardianes del umbral [9]: Son personajes que constituyen una amenaza para el héroe y suponen un obstáculo para avanzar en la historia. Se suelen mostrar como los esbirros del villano.

El uso de arquetipos permite al autor crear personajes que se ajustan a la historia y cuyos pensamientos y acciones son reales y creíbles. Al mismo tiempo, permite que los jugadores obtengan rápidamente una idea de su personalidad y objetivos. Además, mezclar varios arquetipos contribuye a la creación de personajes profundos y llenos de matices.

No obstante, es necesario ser cuidadoso en el proceso de diseño, ya que se corre el riesgo de crear personajes predecibles si se aferran demasiado a su arquetipo base.

4.2 Diseño de personajes para niños

Los niños de 3 a 5 años, que constituyen nuestro público objetivo, tienen una gran cantidad de experiencias asociadas a los medios audiovisuales. Diseñar personajes para niños suele consistir en otorgar características humanas a un ente que por sí mismo no las tiene, dándole carácter propio y ubicándolo en circunstancias específicas [4]. En nuestro caso, nos centramos en los personajes para videojuegos y, en particular, para videojuegos educativos, donde las conductas positivas serán fuertemente reforzadas y se tenderá a crear modelos de conducta adaptivos que los niños puedan imitar. Además, se tenderá a la estimulación del razonamiento lógico, al fomento de la toma de decisiones y de la independencia.

Por ello, para que nuestros personajes sean suficientemente efectivos, es necesario conocer algunas de las características psicológicas de los niños de esta edad. Así, podemos empezar por presentar atención al efecto psicológico que los colores pueden tener en los niños. Según [4], el *rojo* estimula a la acción, da energía y vitalidad. Es recomendable para juguetes y ambientes que busquen atraer la atención. El *amarillo* estimula la actividad mental e inspira energía y optimismo. El *naranja* combina los efectos de los dos anteriores, aportando energía y alegría; en sus tonalidades más suaves estimula el apetito y en las más fuertes invita a la diversión. Se recomienda para cuartos de juego. El *azul* es tranquilizante, produciendo paz y sueño, mientras que el *celeste* es relajante y analgésico. El *verde* produce armonía y sensación de calma. Finalmente, el violeta ayuda a la meditación, la inspiración y la intuición, así como la creatividad y habilidad estética.

En lo que se refiere a las formas, se prefieren las formas básicas como el círculo, cuadrado y triángulo, aunque a los 4 años pueden ya reconocer otras formas más complejas, como el rectángulo, el óvalo, rombo, estrella, corazón y pentágono.

Así, en la creación de nuestros personajes, tomamos en consideración tanto los colores como las formas que permitan expresar las emociones que queremos transmitir a los niños.

Siguiendo las recomendaciones de [4] y teniendo en cuenta las restricciones derivadas de los conceptos educativos que queremos transmitir y del medio tecnológico que dará soporte al videojuego, proponemos los siguientes pasos para la creación de personajes: 1) crearnos una cultura infantil amplia, incluyendo la visualización de películas, libros ilustrados, videojuegos, música infantil y actividades diarias de los niños; 2) observar otros videojuegos o productos que usen la tecnología que usaremos nosotros; 3) establecer el perfil del personaje, diseñando su vida y entorno con cuestiones acerca de su edad, salud, carácter, etc.; 4) buscar referencias en las que basarnos, tales como expresiones faciales comunes en niños, ropa que utilizan, juguetes favoritos, peinados, etc.; 5) ilustrar el personaje, con figuras y colores básicos y teniendo en cuenta el medio por el que se mostrará la ilustración; 6) crear personajes secundarios que complementen al personaje principal; 7) decidir los colores a utilizar en función de las características del personaje y las emociones que queremos transmitir; 8) crear un entorno donde vivan los personajes.

5. CASO DE ESTUDIO: ATO EN EL PAIS DE LOS NÚMEROS

La propuesta presentada en este trabajo se ha aplicado al diseño de los personajes del videojuego “Ato en el país de los números”, que se encuentra en sus primeras etapas de diseño. En este videojuego, el objetivo educativo es practicar el reconocimiento, grafía y significado de los números. Actualmente, hasta el número 5.

Con objeto de aumentar la motivación de los alumnos, los videojuegos con contenido educativo que diseñamos se sustentan sobre una historia que da sentido a las actividades que se realizan. De esta manera, el alumno afronta retos del juego en lugar de hacer actividades de clase. Por este motivo, el juego “Ato en el país de los números” se plantea como una aventura en la que los alumnos acompañan a Ato en un viaje al País de los Números, donde sus amigos han quedado congelados por los hechizos del malvado Emperador Cero.

En este caso de estudio recogemos la opinión de los alumnos acerca de la historia y los personajes presentados. Además, completamos los datos con la información recabada en la entrevista posterior con la maestra.

5.1 Diseño de la historia

Tal como se explica en la sección 3, una composición narrativa puede incluir un conjunto de etapas o fases que ayudan a formalizarla. En el diseño de la narrativa para el juego de “Ato en el País de los Números”, hemos reflejado estos elementos de la siguiente manera: el *mundo ordinario* se refleja al inicio de la historia, donde viven Ato y sus amigos, que posteriormente se desplazan al País de los Números, lugar donde se desarrollará la historia. La *llamada a la aventura* se realiza cuando el hijo (Príncipe o Princesa, lo escogen los niños) del Rey del País de los Números llega al país de Ato y le pide ayuda. Este personaje podemos asimilarlo también al *mentor*, ya que le da las claves de lo ocurrido y le guía en el País de los Números. La *travesía del*

primer umbral se realiza cuando Ato se da cuenta de que sus amigos están en el País de los Números y sin ellos no puede celebrar su fiesta. Las *pruebas*, *los aliados* y *los enemigos* constituyen el núcleo central de la historia y coincide con el contenido educativo. En esta fase, los alumnos aprenden los números a la vez que los rescatan del hechizo del Emperador Cero. La *odisea* se desarrolla en el castillo del Rey, donde Ato y los números rescatados se enfrentan al Emperador Cero y sus secuaces, los Ceritos, consiguiendo vencer su hechizo y liberar al Rey. La *recompensa* consiste en una gran fiesta que la Reina celebra para Ato en el día de su cumpleaños, preparando para él y todos los demás personajes una gran tarta.

Como puede observarse, algunos elementos propuestos en el *viaje del héroe* no se han incluido, ya que consideramos que pueden introducir distracciones del hilo principal en niños tan pequeños.

5.2 Diseño de los personajes

Siguiendo las recomendaciones explicadas en la sección 4.2, hemos diseñado un conjunto de personajes (Tabla 1). En los personajes que aparecen pronto en la historia, hemos escogido el color rojo, con objeto de fomentar la actividad y promover atraer la atención de los niños. En el número 2 también presentamos una opción con color amarillo, para estimular la actividad cerebral de los niños y la energía. El número 3 es verde. Hemos escogido este color porque el personaje es asustadizo y no queremos que el niño sienta esa emoción, sino únicamente que sea capaz de reconocerla. Así, el verde puede suponer un contrapunto a esta personalidad y transmitir al niño calma y armonía. En el cuatro hemos escogido un color distinto de los recomendados, pero hemos incluido rayas para darle un toque más alegre. Finalmente, el número 5 lo hemos pintado de color azul, igual que al Príncipe y la Princesa. Hemos escogido este color para transmitir tranquilidad a los niños, pues ya se han rescatado a todos los personajes del camino, por lo que queremos que tomen un breve tiempo para asimilar de alguna manera los distintos números que han ido encontrando en el camino. También se ha escogido este color para los hijos del rey para transmitir tranquilidad frente a la tensión que generan al principio de la historia, ya que uno de ellos planteará a Ato el problema ocurrido en el País de los Números y dará lugar a la aventura.

Tabla 1 Personajes de Ato en el País de los Números

Hijo del Rey que acompaña a Ato			
Número 1			
Número 2			

Número 3			
Número 4			
Número 5			

En cuanto a la forma, hemos utilizado trazos básicos, sin incluir demasiados detalles. Además, hemos incluido distintas expresiones faciales y caracterizaciones tanto humanas como de animales, sin perder de vista la grafía del número.

En cuanto a los arquetipos que desempeñan, hemos seleccionado únicamente los más básicos para evitar que los alumnos distraigan su atención de los dos focos principales de nuestro juego: la historia que guía la actividad y el contenido educativo que se pretende practicar. Así, los arquetipos incluidos son: el joven héroe (Ato), el mejor amigo (Príncipe o Princesa), el mentor (Príncipe o Princesa), el villano (Emperador Cero) y los guardianes del umbral (los Ceritos). Además, aunque este arquetipo no aparece en la propuesta, en esencia, hemos incluido únicamente a *los buenos* y *los malos*, para crear una historia sencilla fácil de seguir por los alumnos.

5.3 Diseño del caso de estudio

En el proceso de definición de la historia y personajes del videojuego “Ato en el País de los Números” estamos llevando a cabo un *diseño centrado en el usuario* aplicando técnicas de *diseño participativo* y de *análisis de la usabilidad* (en nuestro caso, muy centradas en su visión de la jugabilidad). Así, una vez construida la historia sobre la que se desarrollará el juego y diseñados los distintos personajes, es necesario conocer la opinión de los estudiantes y profesores a los que está dirigido el juego.

En lo referente a la historia, queremos comprobar que los alumnos se sienten involucrados en las aventuras que se narran, si pueden distinguir qué personajes son de un bando u otro, si conocen el motivo por el que se inició la historia y si saben reconocer el triunfo al final de la misma. Respecto a la caracterización de los personajes, centramos nuestro estudio en los siguientes elementos: color, expresión y preferencia por la forma humanoide. Además, es importante observar si el personaje transmite las emociones para las que se ha diseñado e invita al alumno a participar con él en la historia, frente a un posible rechazo del juego que un personaje que asusta o aburre pudiera provocar.

Puesto que nuestro público objetivo no sabe leer, hemos elaborado un cuento con las aventuras que se desarrollan en el juego. Dicho cuento es una adaptación de la historia que originalmente se ha desarrollado, pero omitiendo detalles y pruebas diseñadas para practicar el contenido educativo. Además, por consejo de las maestras que nos asesoran, el cuento no puede leerse, sino que tiene que *contarse*. Esto significa que hay que escenificar y

dramatizar los eventos que ocurren para que los niños mantengan la atención. Finalmente, puesto que el cuento es relativamente largo, la selección de personajes debe realizarse a medida que los eventos tienen lugar. Es decir, no puede hacerse al final del cuento, sino haciendo pausas durante la historia.

Para la selección de personajes, los alumnos, divididos en grupos de 3 ó 4, confeccionan un mural sobre un papel continuo blanco. Este mural estará compuesto por los personajes que ellos elijan de entre las opciones que se presentan para cada uno de los números. A la vez, el evaluador que acompaña al grupo anota el número de niños que selecciona cada una de las opciones (Tabla 1). El grupo pega en el mural el personaje que haya conseguido más votos.

En experiencias anteriores [7] concluimos que los niños de esta edad eran sensibles al sexo del evaluador, por lo que los grupos donde había un evaluador masculino se configuraron incluyendo sólo a niños (y no niñas).

5.4 Resultados

Las pruebas iniciales se han realizado en un Centro de Educación Infantil de Granada, sobre una muestra de 10 alumnos de 3 años (6 niños y 4 niñas). Aquí presentamos los resultados cuantitativos obtenidos de la encuesta sobre los personajes, así como los resultados obtenidos de la observación del desarrollo del estudio.

Tabla 2 Elección de Príncipe o Princesa





	Niños	Niñas
Príncipe	4	2
Princesa	2	2

Tabla 3 Selección de personajes de cada número

	3		2		4
	2		2		4
	6		2		1
	1		8		
	6		3		

En primer lugar, hemos estudiado la influencia del género en la selección del mentor, es decir, el Príncipe o la Princesa, que acompañará a Ato en su aventura (Tabla 2). El segundo punto de estudio se ha centrado en la selección del personaje que actuará como cada uno de los números (Tabla 3). Finalmente, hemos preguntado a los niños acerca de las emociones que transmitían los personajes, incluyendo: el más simpático, el más miedoso, el más trabajador, el más deportista, el que gusta más y el que gusta menos (Tabla 4).

Tabla 4 Emociones que transmiten los personajes

Más simpático		Más deportista	
Más miedoso		Gusta más	-
Más trabajador	-	Gusta menos	

En cuanto a los resultados de la observación, podemos destacar dos elementos que, a nuestro juicio, son significativos:

- Los niños mantuvieron la atención durante toda la actividad, sin hablar de otros asuntos, levantarse o jugar con el compañero y participando activamente. Consideramos que estaban plenamente motivados por la historia y por la actividad.
- La maestra intervino en dos ocasiones para preguntar lo que estaba pasando en el cuento y preguntar a los niños sobre la historia. En estas intervenciones los niños sabían quiénes eran *los buenos* y *los malos*, pero no contestaban todos los niños cuando se les preguntaba por qué habían ido al País de los Números.

5.5 Discusión

Si bien la muestra inicial de la que partimos es reducida, de este estudio hemos podido obtener diversas conclusiones que, por una parte, nos han ayudado a redefinir algunos aspectos del test y, por otra, a diseñar una nueva batería de personajes a estudiar. Por tanto, podemos decir que, de este primer ensayo, hemos obtenido un conjunto de meta-conclusiones, que pasamos a comentar en los siguientes párrafos.

En primer lugar, llama la atención el resultado obtenido respecto a la elección de Príncipe o Princesa. La discusión del machismo en los juegos ha tenido lugar desde hace varios años. Por ello, una parte de nuestro estudio pretendía determinar cómo el género de los participantes influía en la elección del *mejor amigo* del héroe. Nos sorprende la paridad de elección, por lo que no podemos obtener una conclusión al respecto. No obstante, debido a la temprana edad de los niños, nos inclinamos a pensar que se debe a su inocencia y a que la elección ha estado basada únicamente en el dibujo en sí, más que en el género del personaje.

En lo referente a la selección de los personajes, hemos observado preferencia por aquellos que son más expresivos y que por tanto generarán una emoción más clara y directa en los niños.

Si tienen forma de persona, escogen aquellos que más parecen una persona. Fijémonos, por ejemplo, en el número 4, donde la gran mayoría de los niños se han decantado por una de las opciones. En conversaciones con la maestra, nos ha indicado que probablemente se deba a que este personaje tiene ojos. Aunque en la otra opción se ha representado por las cejas, nos indica que los estos niños no reconocen aún ese símil.

Por otra parte, hemos observado que, cuando una de las opciones tiene forma animal, los niños eligen esa opción mayoritariamente. Esto contradice la opinión de algunos maestros a los que se consultó previamente, pues ellos indicaban que, desde el punto de vista del aprendizaje, se prefería que vieran la figura más claramente.

Por tanto, podemos deducir que, de nuevo, aparece una discrepancia entre la mentalidad del maestro y la del niño: el maestro se centra en el concepto, mientras que el niño se centra en lo atractivo y divertido (emociones básicas). Con nuestro juego intentamos acercar las dos posturas con la idea de, por medio de la diversión, favorecer el aprendizaje.

La última parte de nuestro estudio pretende saber cómo perciben los niños los distintos personajes presentados. En dos de las categorías estudiadas no hemos encontrado ningún resultado concluyente. En el resto, si bien sí ha habido un *preferido*, hemos de decir que los datos recopilados han sido muy dispersos, por lo que no podemos concluir que aporte información adicional a lo anteriormente comentado.

En lo que se refiere a la historia, en esta primera experiencia podemos decir que ha funcionado correctamente en cuanto a que los niños mantuvieron la atención y participaron activamente en la selección de personajes a medida que se les iba contando el cuento. No obstante, la intervención de la profesora y la escasa respuesta de los alumnos en alguna de las preguntas nos lleva a pensar que el cuento utilizado es demasiado largo como para que los niños retengan los diferentes episodios en la mente.

Por otra parte, si bien no podemos obtener conclusiones definitivas al respecto, sí hemos encontrado algunos indicadores significativos, que nos permiten continuar avanzando en nuestra investigación y refinar las siguientes experiencias. Por ejemplo: al narrar la historia es bueno introducir elementos participativos, como que los niños repitan mediante gestos acciones que los personajes realizan en la historia; el evaluador encargado de un grupo pequeño debe apoyar la narración; los grupos no pueden sobrepasar los 5 miembros y otras cuestiones logísticas.

Finalmente, entre las actividades que rodearon la experiencia hubo consultas a diferentes educadores. Todos ellos coincidieron en que los colores de los personajes debían ser más llamativos. Además, nos aconsejaron modificar el diseño del número 4 que no tenía ojos y sustituirlo por otro con características más sencillas. Los niños no identificaban bien este diseño del personaje y es por eso, además, que obtuvo peores resultados en la elección.

Por tanto, del estudio realizado obtenemos las siguientes actividades a realizar, que constituirán la base de una segunda fase de estudio:

- Para obtener conclusiones significativas respecto a los personajes que, finalmente, formarán parte del videojuego, es necesario modificar la colección de personajes que se presenta a los niños, incluyendo colores más llamativos y un personaje con forma animal en todos los números.
- Para facilitar que los alumnos recuerden los distintos acontecimientos ocurridos en la historia, en lugar de pegar los números en un papel blanco, vamos a decorar este mural previamente (Figura 2). Así, se representarán las escenas significativas y los alumnos colocarán al personaje en los huecos destinados a tal fin. De esta manera, la actividad será más dinámica y el hecho de ver las escenas representadas en el papel les permitirá identificar qué está pasando en cada momento.

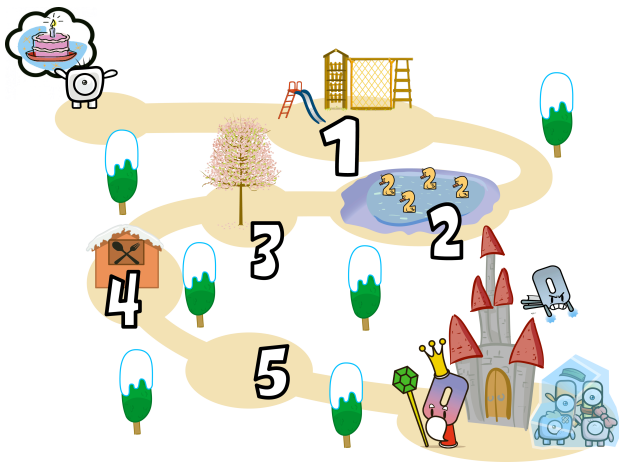


Figura 2 Mural representativo de las escenas de la historia

- Pensamos que en la última parte del cuestionario no hemos obtenidos resultados significativos porque los niños estaban ya cansados y no querían seguir más tiempo sentados respondiendo a preguntas. Por ello, creemos que puede ser más productivo hacer estas preguntas sobre el mural construido de la forma explicada anteriormente. Así, los alumnos pueden levantarse y señalar los personajes, recordando lo que pasaba en cada momento.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo hemos presentado el proceso seguido para la definición de la historia y los personajes sobre los que se construirá el videojuego educativo “Ato en el País de los Números”. Basándonos en la propuesta de historia formal de [9] y apoyados en nuestro modelo de historia, hemos diseñado la aventura que guiará a los personajes del juego.

Por otra parte, siguiendo las recomendaciones de diseño de personajes para niños [4], hemos presentado un conjunto de personajes que representan los números, es decir, el concepto educativo que se pretende enseñar y practicar por medio del juego.

Finalmente, hemos presentado un caso de estudio en el que tanto la historia como los personajes han sido sometidos a la evaluación del usuario final, es decir, a los niños. Para llevar a cabo este estudio se ha confeccionado un cuento, que narra las aventuras de la historia de forma adecuada a los niños, eliminando detalles propios del videojuego.

De este caso de estudio hemos observado que la historia mantiene la atención de los niños y, en base a los comentarios de las maestras, es adecuada para el rango de edad de los niños a los que está dirigida. Respecto a los personajes, también vamos a introducir algunos cambios en el color y caracterización, así como incluir personajes con forma animal, ya que del estudio realizado se deduce que los niños sienten predilección por estas formas.

Nuestro trabajo futuro inmediato es la realización de nuevas experiencias que nos permitan definir los personajes, con objeto de comenzar el desarrollo del videojuego educativo “Ato en el País de los Números”. Hemos diseñado un dossier que incluye información adicional para el evaluador que cuenta el cuento, así como el cuestionario a realizar y los formularios para completar las tablas de datos de forma sencilla. Este dossier se entregará a los centros educativos para presentar la experiencia, con objeto de involucrar más a los maestros. Además, pensamos que, de este

modo, este diseño de caso de estudio puede ser reutilizado en otros juegos.

A largo plazo, nuestra investigación avanzará en la definición y el modelado de estructuras narrativas y personajes arquetipo más específicos de los videojuegos educativos.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, como parte del proyecto VIDEKO (TIN2011-26928), por la Junta de Andalucía, con el proyecto P11-TIC-7486 y por la Red Iberoamericana (U-CSCL) (CYTED 513RT0481).

8. REFERENCIAS

- [1] Hurlmann, R., Hawellek, B., Matusch, A., Kolsch, H., Wollersen, H., Madea, B., Vogeley, K., Maier, W. and Dolan, R. 2005. Noradrenergic Modulation of Emotion-Induced Forgetting and Remembering. *J. Neurosci.*, 25, 6343-6349.
- [2] Pearce, C. 1994. The Ins & Outs of Non-Linear Storytelling. *SIGGRAPH Comput. Graph.*, 28, 100-101.
- [3] Heiden, W. 2006. Edutainment aspects in hypermedia storytelling. *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment*. Springer Berlin Heidelberg. 389-398.
- [4] Arce Lara, R. J. 2010. *La psicología infantil aplicada a la creación de personajes*. Tesis de grado. Escuela de Artes Aplicadas Carlos Alberto Imery. El Salvador.
- [5] Campbell, J. and Moyers, B. 1991. *El poder del mito*. Emecé Editores.
- [6] González Sánchez, J. L., Gil Iranzo, R. M., Gutiérrez Vela, F. L. 2011. Enriqueciendo la evaluación de videojuegos. En *Actas del XII Congreso Internacional Interacción* (Lisboa, Portugal, 2-5 septiembre 2011).
- [7] Padilla-Zea, N., González Sánchez, J. L., Gutiérrez Vela, F. L., Abad-Arranz, A., López-Arcos, J.R. 2012. Evaluación de Emociones en Videojuegos Educativos. El caso particular de los Niños. En *Actas del XIII Congreso Internacional Interacción* (Elche, España, 3-5 octubre 2012).
- [8] Padilla-Zea, N., Gutiérrez Vela, F. L., López-Arcos, J.R., Abad-Arranz, A. 2013. Modelling Storytelling to be used in Educational Video Games. *J. Computers in Human Behavior*. (In press). DOI=10.1016/j.chb.2013.04.020.
- [9] Vogler, C. 2002. *El Viaje del escritor: [las estructuras míticas para escritores, guionistas, dramaturgos y novelistas]*. Ediciones Robinbook.
- [10] Cárdenas, J. D. 2011. El cine clásico y su doble anacronismo del mito y del héroe. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas*, 6(2), 69-86.
- [11] Lebowitz, J., & Klug, C. 2011. Interactive storytelling for video games: A player-centered approach to creating memorable characters and stories. Focal Press.
- [12] Jenkins, H. (2004). Game design as narrative architecture. *Computer*, 44, s3.
- [13] Jung, C. G. 2002. *Los arquetipos y lo inconsciente colectivo*. Trotta.

Co-StiCap: Sistema Basado en Interfaces de Usuario Distribuidas y Tangibles Para Mejorar las Capacidades Cognitivas en Niños con TDAH

Elena de la Guía
Computer Science Research
Universidad de Castilla La Mancha
Albacete, España
mariaelena.guia@uclm.es

María Dolores Lozano
Computer Science Research
Universidad de Castilla La Mancha
Albacete, España.
maria.lozano@uclm.es

Victor M.R. Penichet
Computer Science Research
Universidad de Castilla La Mancha
Albacete, España
victor.penichet@uclm.es

ABSTRACT

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) se ha incrementado considerablemente durante los últimos años. Las personas que lo padecen experimentan problemas de conducta, aprendizaje y autocontrol en sus vidas. Las terapias que llevan a cabo se basan en actividades para mejorar las capacidades cognitivas. Actualmente la tecnología se está convirtiendo en una herramienta para facilitar las actividades a los afectados y el trabajo de los terapeutas, familiares, etc.. En este artículo presentamos Co-StiCap (Stimulating Collaborative Cognitive Capabilities) es un sistema multi-dispositivo basado en Interfaces de Usuario Distribuidas y en juegos cuyo objetivo es ofrecer actividades de estimulación cognitiva a niños que padecen TDAH. El sistema se compone de un proyector donde se ejecuta la interfaz principal del juego, interfaces tangibles basadas en objetos comunes que nos sirven para interactuar a través de un dispositivo móvil (que integra lector NFC) con la interfaz principal. Por otra parte se ha realizado otra aplicación de dispositivo móvil para los terapeutas, cuyo objetivo es controlar el proceso de los niños y ayudar en la colaboración y cooperación entre ellos. Se ha llevado a cabo una evaluación con el fin de comprobar el efecto del sistema y de la nueva técnica de interacción entre los niños y los familiares y terapeutas.

Categories and Subject Descriptors

H5.2. Information interfaces and presentation: User Interfaces. – Graphical user interfaces.

General Terms

Design, Human Factors, Experimentation.

Keywords

Interfaces Tangibles, Tecnología NFC, Interfaces de Usuario Distribuidas, TDAH

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

1. INTRODUCCIÓN

El diagnóstico de Trastorno de Atención e Hiperactividad (TDAH) se ha incrementado considerablemente en la última década [1]. TDAH se define como un trastorno del comportamiento, se caracteriza por distracción moderada a grave, dificultad para atender, inquietud motora, inestabilidad emocional y conductas impulsivas [14]. A menudo las personas que sufren esta enfermedad tienen problemas sociales, entre el 50 y el 60 por ciento de los niños con TDAH tienen dificultades para llevarse bien e interactuar con otros niños.

Entre los tratamientos disponibles nos encontramos los farmacológicos y los basados en terapias de estimulación cognitiva y conductuales. La tecnología es una herramienta capaz de ofrecer soporte a las terapias cognitivas a través de programas enfocados para usuarios que sufren TDAH. En los últimos años los juegos interactivos han tenido muy buena acogida por la sociedad, se pueden utilizar como herramienta de aprendizaje además de ayudar a fortalecer habilidades cognitivas de una forma divertida y amena. Según un estudio [5] entre los efectos del juego podemos destacar que los juegos cooperativos favorecen la participación e integración de los usuarios, mejorando también sus niveles de confianza y la comunicación con otros usuarios.

Los avances tecnológicos en la miniaturización de los microprocesadores han abierto nuevas posibilidades de servicios a los usuarios. El usuario ya no necesita tener una computadora para llevar a cabo una tarea, dispone de múltiples dispositivos móviles como pueden ser smartphones, tablets, netbooks... Nos encontramos con entornos multi-dispositivos que nos ofrecen múltiples ventajas, pero a la vez nos obligan a investigar distintos tipos de interfaces de usuario y modos de interacción antes impensables. En este artículo hacemos uso de Interfaces de Usuario Distribuidas (DUIs) y tangibles con el fin de ofrecer un entorno multi-dispositivo usable e intuitivo al usuario, aprovechando de esta manera todas las oportunidades que nos ofrece la tecnología.

Co-StiCap es un sistema basado en juegos que hace uso de tecnología NFC (Near Field Communication) y Web para permitir distribuir las interfaces y ofrecer un estilo de interacción natural y sencillo. El objetivo principal del sistema es ofrecer juegos de estimulación cognitiva para que los afectados de TDAH lleven a

cabo su terapia de una forma divertida y desarrollen capacidades como son la memoria, la atención, la comunicación...

El artículo se estructura de la siguiente manera. En la siguiente sección se describen los conceptos más importantes relacionados con el proyecto, a continuación se explica cómo se ha diseñado y desarrollado el sistema, haciendo hincapié en la manera de distribuir interfaces de usuario en el entorno. Después se describe con detalle el sistema Co-StiCap y por último se cierra el artículo con la evaluación, conclusiones y trabajos futuros.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Nuestra idea de ordenador hasta hace poco era la de un dispositivo con el que interactuábamos a través de una pantalla con un teclado y un ratón. Esta situación está cambiando radicalmente. La computación se está insertando en cualquier objeto y dispositivo antes impensable. Estamos siendo testigos de la integración de nuevos entornos, también llamados entornos multi-dispositivos (MDE). Estos escenarios se van a encontrar formados por múltiples y heterogéneos dispositivos distribuidos en el ambiente junto con pantallas y superficies donde las interfaces de usuario puedan ejecutarse. Ejemplo de entornos de este tipo nos encontramos los siguientes: *i-Land*, [11] es sistema interactivo para facilitar la colaboración entre los usuarios gracias a dispositivos como son: *Dynawall* es una pared interactiva electrónica, *Coomchairs* son sillas que integran computación e *InteracTable*, mesa interactiva que permite que se interactúe con ella a través de la técnica *Touching*. *WallShare* [6] es un sistema MDE y colaborativo que permite distribuir las interfaces entre distintos dispositivos como pueden ser teléfonos móviles, PDAs, ordenadores portátiles, etc. y un espacio compartido que se mostrará a través de un proyector sobre una superficie como puede ser una pared. *E-conic* [10] es una aplicación que soporta múltiples dispositivos que comparten información entre ellos. *WeSpace* [19] es un sistema que se compone de un espacio de trabajo colaborativo que proyecta el espacio compartido en la pared y permite que varios usuarios desde una mesa multi-touch puedan explorar y visualizar datos. Estos nuevos escenarios ofrecen múltiples ventajas respecto a los antiguos computadores, aunque nos encontramos con la necesidad de distribuir la información en diferentes y múltiples dispositivos, para interactuar con el entorno hay que hacer hincapié en el diseño de Interfaces de Usuario Distribuidas (Distributed User Interfaces o DUI). Este término es definido por Niklas Elmqvist en [4] como una interfaz de usuario donde sus componentes pueden ser distribuidos a través de una o más dimensiones como puede ser entrada, salida, plataforma, espacio y tiempo. Las interfaces de usuario distribuidas pueden visualizarse en diferentes dispositivos: móviles, computadores, pantallas, objetos... las interfaces que se distribuyen en objetos se llaman interfaces de usuario tangibles (TUI) [8] son objetos físicos utilizados como representaciones y controles de la información digital.

Entre los juegos existentes para mejorar las capacidades cognitivas de personas afectadas con TDAH nos encontramos los siguientes: *Memotiva* [12] es un programa que incluye ejercicios para mejorar las capacidades visuales y espaciales. Este incluye un sistema para motivar y animar debido a la baja autoestima que tienen los niños que padecen TDAH, además incluye una parte para que los padres y terapeutas puedan controlar los resultados del juego. *Caza_Cosas* [2] es un paquete de juegos diseñado para la memoria visual. *Luminosity* [9] es un programa diseñado para entrenar la mente. Se basa en el concepto de 'neuroplasticidad', es

decir la habilidad de la mente para aprender y adaptarse recibiendo los estímulos correctos. SMART Braingames [3] es un videojuego enfocado en educar diferentes capacidades cognitivas. También se han desarrollado entornos de realidad virtual para que los niños que sufren TDAH mejoren su atención y concentración [16][17]. Actualmente los juegos online están teniendo una alta aceptación por la capacidad de poder interactuar con el terapeuta de manera remotamente [20]. Es evidente que los video juegos existentes ofrecen la posibilidad de que se desarrollen las capacidades cognitivas y se mejore el aprendizaje en los niños, sin embargo la manera de interactuar todavía se basa en los clásicos métodos de interacción, a través del ratón y el teclado, o en el caso de la realidad virtual a través de cascos (Head Mounted Device, HMD). Además estos sistemas mejoran el desarrollo individual del usuario pero no permite que colaboren múltiples usuarios.

3. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA

Para diseñar y desarrollar un escenario MDE hemos tenido en cuenta lo que llamamos triángulo interactivo (Figura 1). Para ello hacemos hincapié en las siguientes características que componen los tres vértices: escenarios MDE, Arquitectura e Interfaces de Usuario Tangibles y Distribuidas.

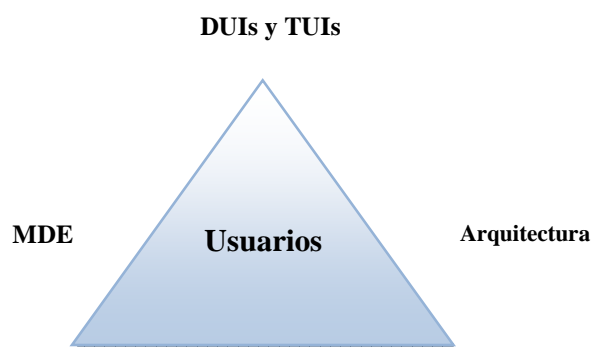


Figura 1. Triángulo interactivo

El componente más importante del sistema es el usuario, dependiendo de sus necesidades y de la tarea que vaya a realizar se va a diseñar el sistema. A continuación vamos a definir los vértices del triángulo con más detalle:

1º vértice : MDE se refiere a los dispositivos y la comunicación entre ellos. A la hora de diseñar tenemos que tener en cuenta que dispositivo de todos los disponibles le va a facilitar la tarea al usuario. Entre los dispositivos disponibles podemos encontrar: Laptop, Smartphone, Kinect, Wii, Tablet, Proyector.

2º vértice: Arquitectura para comunicar todos los dispositivos que necesitamos se necesita una arquitectura que permita integrar diferentes tipos de tecnologías, como pueden ser tecnologías Web, de identificación RFID, NFC.

3º vértice: DUIs y TUIs son el nexo de unión entre los entornos MDE, la arquitectura disponible y el usuario junto con la tarea que va a realizar (este último es un factor implícito que nos va a guiar en todo momento para diseñar y desarrollar el sistema). Combinar estos tipos de interfaces nos ofrece las siguientes ventajas:

-Facilidad a la hora de realizar entornos colaborativos, nos permite distribuir la interfaz colaborativa y mantener los espacios privados de los usuarios en su propio dispositivo, teniendo en cuenta el estudio de Streng [18] y la importancia de trabajar con el espacio individual conseguimos que los usuarios tengan más confianza a la hora de interactuar y trabajar con el sistema.

-La distribución de interfaces de usuario en el entorno nos permite simular la manera de trabajar que tiene el usuario con el exterior, a la hora de distribuir las y dependiendo de la tarea que se va a ejecutar podemos hacer uso de la propuesta definida en [7] donde se divide la interfaces de usuario teniendo en cuenta los factores humanos propios de los usuarios.

-Proporciona una interacción tangible facilitando la interacción del usuario con el sistema. La interacción directa con los objetos permite una mejor comprensión de la tarea. Las interfaces tangibles acentúan la conexión entre el cuerpo y la cognición, facilitando pensar a través de acciones físicas.

4. DESCRIPCIÓN DE CO-STICAP

Co-StiCap (Stimulating Collaborative Cognitive Capabilities) es un sistema multi-dispositivo que ofrece juegos de estimulación cognitiva a niños que padecen de TDAH. El objetivo principal es que a través del juego los niños mejoren capacidades como son la atención, la concentración y la comunicación.

El sistema se compone de un proyector que se encarga de visualizar la interfaz principal de los juegos. Un dispositivo móvil con lector NFC, objetos tangibles que interactúan a través del móvil con el sistema y una tablet para que los terapeutas puedan controlar los resultados y los juegos, además de un sistema interno de monitorización que facilita la colaboración entre los usuarios(Ver Figura 2).



Figura 2. Escenario principal del juego compuesto por interfaces tangibles, el dispositivo móvil y el ordenador donde se ejecuta la interfaz principal del juego

4.1 Diseño a través del triángulo interactivo

Para diseñar y desarrollar el sistema hemos tenido en cuenta los tres vértices que se han explicado en la sección anterior.

4.1.1 MDE

Es un entorno MDE y los dispositivos que se han utilizado han sido los siguientes:

-*Smartphones*. Utilizados para que los usuarios interactúen con el sistema, debido a su pantalla tan limitada se ha utilizado solo como dispositivo de interacción, el punto fuerte de este dispositivo es que nos ofrece un estilo de interacción tangible más natural y sencilla para el usuarios, el sistema también permite utilizar tablet de cualquier tamaño, el único requisito es que incorpore tecnología NFC en su interior.

-*Tablet*. se ha utilizado para la aplicación del terapeuta, en este caso la aplicación nos muestra datos, gráficas, monitorización de los usuarios y los datos del usuario. Además de permitirnos controlar el juego a través de una barra de herramientas. Se ha elegido este dispositivo por la complejidad de la tarea y la necesidad de una pantalla mayor que la de cualquier Smartphone.

-*Laptop*. Se encarga de reproducir la interfaz principal del juego, se ha elegido por la capacidad de computación que nos permite ejecutar gráficos de calidad y su factor multi-modal, nos permite reproducir sonido, texto, gráficos.

-*Projector* se ha elegido este dispositivo porque amplía el tamaño de la interfaz principal fácilmente y nos permite que interactúen con ella múltiples usuarios.

-*Recursos de interacción*, es decir objetos comunes que facilitan la interacción con el sistema.

4.1.2 Arquitectura del sistema

La arquitectura es del tipo cliente servidor de modo que permite que cualquier tipo de dispositivo se comunique con los demás a través de las tecnologías NFC y Web. Las interfaces de usuario tangibles incorporan una tarjeta NFC donde se ha escrito una dirección web que identifica el objeto. Cuando la interfaz se acerca al lector NFC (incorporado en el interior del dispositivo móvil) éste lee la información de la tarjeta e invoca el método correspondiente en el servidor. El servidor se encarga de interpretar la información que le envía el dispositivo móvil y simultáneamente ejecuta la acción requerida en las demás interfaces. En este tipo de escenarios el servidor es el componente principal encargado de comunicar todos los dispositivos a través de un punto de acceso. Este componente se encarga de la lógica de control, es decir contiene todos los servidores y métodos que necesitan los demás dispositivos que componen el sistema.

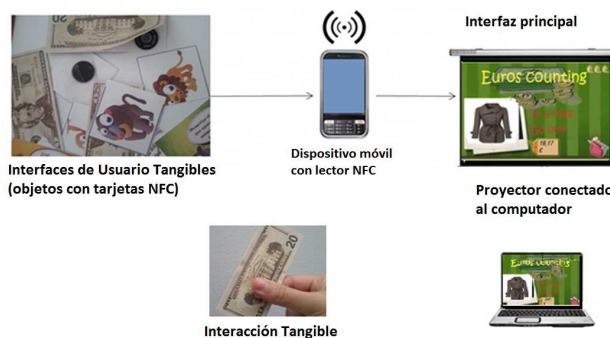


Figura 3. Arquitectura del sistema

4.1.3 DUIs y TUIs

La tarea principal del sistema es ofrecer juegos colaborativos. Teniendo en cuenta la distribución de interfaces de usuario según los modelos mentales de los usuarios [7] se ha dividido la interfaz colaborativa y principal de los juegos en un proyector para poder ser visualizada con más claridad, la interfaz del dispositivo móvil se ha utilizado como dispositivo de interacción entre la interfaz principal y las interfaces tangibles. En el apartado siguiente describimos con más detalle la distribución de las interfaces y sus motivos.

4.2 Distribución de Interfaces de Usuario

El sistema divide y distribuye las siguientes interfaces:

4.2.1 Interfaz Principal del juego

Se refiere a la interfaz que se distribuye y visualiza en la pared gracias al proyector que se encarga de ampliar la imagen. El motivo principal ha sido facilitar la visualización de la pantalla principal del juego, distribuyendo la interfaz de esta forma conseguimos que sea compartida y los niños independientemente del lugar de la sala donde se encuentren pueden interactuar remotamente con el juego.

La información que muestra la interfaz se ha diseñado teniendo en cuenta que los niños y niñas con TDAH tienen la memoria operativa demasiado limitada provocándoles limitaciones a la hora de realizar actividades diarias. Los juegos de estimulación cognitiva se está llevando a cabo en terapias con niños que sufren TDAH para ejercitar la memoria y mejorar la concentración y la atención. En éste sistema nos hemos enfocado en juegos de memoria, cálculo y lingüística con el fin de mejorar las capacidades cognitivas de los usuarios, la comunicación entre ellos y su autoestima.

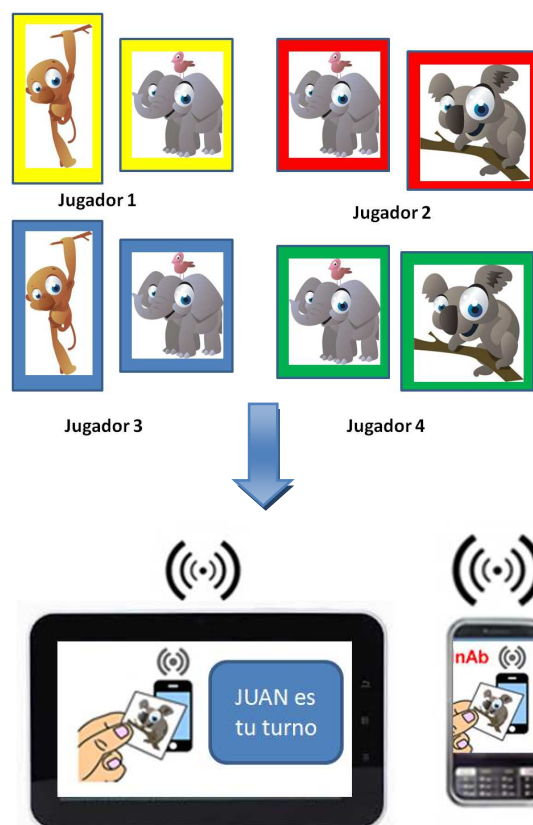
La interfaz compartida permite que los usuarios pueden prestar atención a la imagen, gracias a que la proyección de la interfaz permite que el tamaño sea mayor, además permite que todos los usuarios puedan concentrarse en la información mostrada en la interfaz y compartirla con los demás usuarios.



Figura 3. Interfaz principal del juego

4.2.1.1 Interfaces Tangibles

Las interfaces tangibles se basan en objetos comunes como son cartas, fichas, etc.. En su interior contienen una tarjeta NFC con una url que se encarga de identificar la tarjeta y el usuario que la tiene. Cada usuario se identifica por un color y utiliza las tarjetas como recurso interactivo. Las ventajas de este tipo de interfaz son que nos permiten una interacción más sencilla e intuitiva para el usuario. En este prototipo aprovechamos que la manipulación física con objetivos educativos ha sido siempre la base del desarrollo cognitivo en la educación, de esta forma el usuario no necesita un aprendizaje previo para interactuar con los objetos, lo hacen de manera inconsciente.



Figurae 4. Interfaces tangibles de los juegos cooperativos (arriba) Dispositivos móviles que incorporan un lector NFC para comunicar la interfaz tangible con el sistema (abajo)

4.2.1.2 Interfaces Móviles

En este sistema tenemos dos dispositivos móviles diferentes: el Smartphone y la Tablet. El Smartphone ha sido utilizado como dispositivo de interacción entre la pantalla principal del juego y las interfaces tangibles. Debido al limitado tamaño de su pantalla la interfaz móvil se basa en la descripción gráfica de la interacción que debe realizar el usuario con el juego.

La Tablet en el sistema puede tener dos funciones diferentes. Si contiene lector NFC en su interior puede ser utilizada como dispositivo de comunicación entre las interfaces tangibles y el juego (misma función que el dispositivo móvil). En nuestro caso se ha utilizado para mostrar la aplicación realizada para los

terapeutas, familiares, etc.. Esta aplicación se encarga de mostrar los datos que monitoriza del juego, es decir, el niño que ha jugado, los resultados obtenidos... Permite cambiar entre los juegos existentes dependiendo de la capacidad cognitiva que se pretenda mejorar. Internamente monitoriza el proceso de los niños, en el momento que haya algún usuario que lleve varias partidas sin jugar avisa al terapeuta y el terapeuta puede cambiar el turno, simultáneamente se mostraría un mensaje en la interfaz de juego animando al niño para que participe. De esta forma se consigue mejor comunicación y coordinación entre los usuarios y damos la oportunidad a niños tímidos e introvertidos a que se integren. El programa permite que el terapeuta controle los datos de los participantes, para liberar al terapeuta se ha añadido una opción automática que se encarga de testear los datos, las mejoras y las jugadas, de esta forma coordina y anima a los usuarios a participar automáticamente sin necesidad de que el terapeuta este pendiente de la aplicación (Ver Figura 5).



Figura 5. Interfaz de la aplicación que coordina los juegos y los usuarios

4.3 Modo de Interacción

El nuevo estilo de interacción con interfaces tangibles intenta simular el modo en el que el usuario interactúa con su entorno. De esta forma se intenta eliminar la necesidad de conocimiento previo por parte del usuario. Para interactuar con el sistema solo es necesario acercarse a la interfaz tangible (dependiendo del tipo de juego que se muestre en la interfaz principal) al dispositivo móvil (Ver Figura 6).

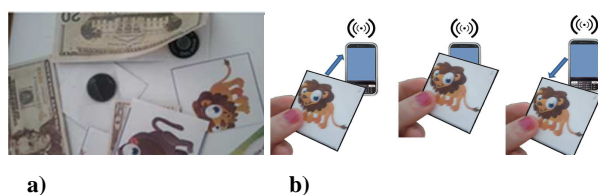


Figura 6. (a) Interfaces de usuario tangibles, (b) Interacción tangible basada en acercar el objeto al dispositivo móvil

4.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta distribución son las siguientes:

-Permitimos que el sistema tenga una interfaz colaborativa y otra privada(interfaces tangibles, cada usuario tiene la suya propia) de esta manera damos confianza a los usuarios.

-Conseguimos una interacción tangible y natural, los usuarios solo tienen que acercar los objetos al dispositivo móvil. De esta forma les proporcionamos cierta flexibilidad, trabajan en la misma sala pero se les permite interactuar de forma remota con el sistema

-Se le ofrece la posibilidad que tienen múltiples usuarios de interactuar simultáneamente y facilitar la participación

-La interacción directa con los objetos permite una mejor comprensión de la tarea.

Las interfaces tangibles acentúan la conexión entre el cuerpo y la cognición, facilitando pensar a través de acciones físicas.

Entre las desventajas nos encontramos la escalabilidad de las interfaces tangibles. Estas son estáticas y se han diseñado para que participen cinco usuarios. Uno de los trabajos futuros sería permitir a los usuarios editar los juegos y configurar fácilmente las tarjetas NFC para habilitar las interfaces tangibles que desee.

5. EVALUACIÓN

En esta sección se describe la evaluación realizada por usuarios que tienen TDAH mientras utilizaban el sistema Co-StiCap.

Los objetivos que se querían conseguir con el experimento han sido los siguientes:

-Comprobar las mejoras y debilidades del entorno multi-dispositivo.

-Analizar si los usuarios mejoran sus capacidades cognitivas según van utilizando el sistema.

-Comprobar los efectos de las interfaces de usuario distribuidas por el entorno y la reacción de los usuarios ante la nueva forma de interacción.

- Examinar si los usuarios disfrutaban utilizando el sistema y existe una mejor cooperación y comunicación entre ellos.

5.1 Participantes

En la evaluación han participado 12 niños diagnosticados con TDAH. Esta se llevó a cabo en un centro de asistencia terapéutica para niños con TDAH. El rango de edad de los participantes ha sido de 5 a 16 años, la media era de 7,8 y la desviación típica de 2,86. Los participantes no tenían experiencia previa con el sistema. Aunque siete de los participantes suelen jugar con videojuegos diariamente ninguno de ellos eran usuarios con experiencia en las tecnologías.

5.2 Dispositivos utilizados

Los dispositivos utilizados han sido los siguientes: Smartphone Samsung Google Nexus S, (16 GB de memoria interna, 512 MG de RAM, procesador ARM Cortex A8 1GHZ) y con lector NFC incorporado. Un portátil (Processor Intel Core2 CPU t7500 2.20 Ghz con 2,0 GB de RAM) que fue utilizado para ejecutar los juegos y conectar al proyector con el fin de que se mostrase la pantalla compartida en la pared. El dispositivo móvil y el portátil se conectaban al mismo punto de acceso de manera que todos los dispositivos se encontraban en la misma red. Tablet de Samsung Nexus 10 que ejecutaba la aplicación para los terapeutas, siendo esta desarrollada en Android.

Los juegos han sido desarrollados utilizando el lenguaje de programación C#. La aplicación del servidor y de los juegos se alojaba en el mismo computador. El servidor se encargaba de monitorizar constantemente las peticiones de los dispositivos móviles y de la computadora.

5.3 Procedimiento

Para llevar a cabo los experimentos hemos realizado tres sesiones con los mismos participantes. La primera sesión se dividió en tres fases: pre-test, test and post-test. En la fase de pre-test se realizaron preguntas a los usuarios para obtener sus perfiles. Las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Has jugado alguna vez a un video juego?
- ¿Cuánto tiempo dedicas a la semana a jugar?
- ¿Te gustan los videojuegos?
- ¿Con que frecuencia asistes a terapia para tratar TDAH?
- ¿Te gusta realizar las actividades que te piden en las terapias?
- ¿Indica los dispositivos que has utilizados para realizar las actividades indicadas en la terapia: papel, computadora u otros dispositivos?

En la segunda fase los usuarios jugaron con el sistema interactivo Co-StipCap. Primero les explicamos los juegos y la nueva forma de interacción con el sistema.

En la tercera fase, también llamada post-test nosotros distribuimos el test denominado Smileyometer y les preguntamos las siguientes cuestiones:

- ¿Habéis disfrutado jugando?
- ¿Volveríais a jugar?
- ¿Qué es lo que más te ha gustado del juego?
- ¿Qué parte del juego te gustaría cambiar?
- ¿Te has sentido cómodo jugando con tus compañeros?

Mientras los usuarios realizaron las tareas una video cámara se encargaba de grabar la sesión. Dos evaluadores escribieron los tiempos y los errores cometidos.

La segunda sesión fue llevada a cabo una semana más tarde que la primera sesión y la tercera sesión dos semanas más tarde que la primera. En objetivo principal era analizar la mejora de las capacidades cognitivas en los niños.

5.4 Método

Para llevar a cabo la evaluación utilizamos los siguientes métodos: El test Smileyometer (Ver figura 7) permite a los niños elegir entre cinco imágenes que representan emociones. El rango es definido desde el adjetivo feo al adjetivo brillante, de esta forma los usuarios pueden expresar su opinión [15]. Otro de los métodos utilizados ha sido la observación directa [13]. El propósito del método es observar si los usuarios son capaces de utilizar el sistema de una forma natural e intuitiva. Los datos se recogen de una forma informal, de esta forma no se distrae a los usuarios.



Feo / No muy bueno / Bueno / Realmente bueno / Brillante

Figura 7. Test Smileyometer

5.5 Resultados

Los resultados de la primera sesión han sido los siguientes: 100% de los niños ya habían jugado antes a video juegos, de media suelen jugar 3.8 veces a la semana, al 1005 de los usuarios les gusta los juegos. En cambio solo el 60 % de los evaluados disfrutaban haciendo terapias de estimulación cognitiva. El 20% de los participantes utilizan fichas de papel para hacer las actividades propuestas en la terapia comparado con el 80% que utilizó el computador. Ninguno de ellos ha utilizado otro dispositivo tecnológico (Kinect, Wii..) para actividades de estimulación cognitiva. Es decir, todos los participantes tienen experiencia con los computadores y todos los han utilizado en terapia, pero el 60% de ellos no disfruta ejecutando tareas asociadas porque ellos la consideran como una obligación.

A continuación describimos los resultados del lenguaje no verbal siguiendo las bases de [22]. La primera reacción cuando utilizaron el sistema fue la siguiente: 60% de los niños tenían miedo, 20% de ellos estaba desmotivado y solo el 20% restante se encontraban tranquilos y animados. Cuando ellos interactuaban con el juego nosotros encontramos que el 80% de los niños se sorprendía con la nueva interacción con el sistema. Un 20% seguían sintiendo miedo y ellos no pudieron relajarse hasta que no comenzaron a jugar y a ganar. Mientras ellos jugaban al juego, el 90% se encontraba motivado e interesado, pero el 10% restante expresó indiferencia respecto a las tareas.

En la fase de post-test nos encontramos con los siguientes resultados, el 87% de los niños dijeron que los juegos les parecían innovadores y excitantes, un 13% no se impresionaron. Al 90% les gustaría jugar otra vez porque se lo pasaron bien y se entretuvieron bastante. Al 70% de los niños le gustaba interactuar con el sistema a través de objetos físicos, ellos sentían curiosidad e interés por el funcionamiento. El 85 % se encontraba cómodo jugando con sus compañeros.

Los resultados del test Smileyometer fueron los siguientes: 7 de 12 niños pensaron que los juegos eran 'Brillantes' respecto a 3 de 12 que pensaron que era 'Realmente bueno' y 2 de los 12 restantes dijeron que este era 'Bueno'. Ninguno pensó que era feo.

Para analizar si el niño ha mejorado sus capacidades cognitivas estudiamos el tiempo medio de ejecución de los juegos que les propusimos. El tiempo medio de ejecución fue la variable dependiente del experimento y la variable independiente fue la sesión (sesión 1, sesión 2, sesión 3) Para analizar si la variable independiente influye en la variable dependiente propusimos la siguiente hipótesis, la media del tiempo de ejecución de los juegos debería ser la misma en todas las sesiones. Los datos estadísticos los examinamos con el análisis de la varianza (ANOVA) los datos obtenidos fueron los siguientes ($F(4,44) = 27,9, p < 0,001$). Contrario a la hipótesis que formulamos nos encontramos que las medias no eran iguales, el tiempo de ejecución disminuía en cada sesión. Es decir el juego sí producía una mejora en las capacidades cognitivas de los usuarios.

Respecto a los datos obtenidos en la observación directa y los comentarios realizados por los participantes podemos destacar los siguientes:

-Entre los participantes hubo tres de ellos más introvertidos a los que les costaba más jugar, el sistema le daba el turno para que pudieran jugar y mostraba mensajes positivos, después de ofrecerles el turno para jugar los usuarios se mostraron más participativos y activos.

-La cooperación entre ellos era evidente, se ayudaban unos a otros, y daban su opinión de la tarjeta que creía que era la correcta, el sistema solo se encargaba de recompensar lo positivo y dar mensajes de ánimo cuando se fallaba.

-Uno de los datos más optimistas fue la motivación que sentían por el juego y teniendo en cuenta la facilidad que tienen para distraerse consiguieron estar una hora seguida jugando.

-La interacción les resultaba muy sencilla y cinco de ellos nos preguntaron sobre los objetos, les parecía muy novedoso trabajar con simples tarjetas físicas.

6. CONCLUSIONES

En este artículo se describe un sistema multi-dispositivo y colaborativo basado en interfaces de usuarios tangibles y distribuidas. Se ha desarrollado con tecnologías Web y NFC. Se ha diseñado siguiendo el triángulo interactivo compuesto por los siguientes pilares principales. Escenarios MDE, Arquitectura e Interfaces de Usuario Tangibles y Distribuidas, teniendo en cuenta en todo momento las necesidades del usuario. El principal objetivo del sistema Co-StiCap es facilitar la estimulación y mejora de habilidades cognitivas en niños que tienen TDAH. El mecanismo de interacción basado en interfaces tangibles, en forma de objetos conocidos les ofrece una interacción sencilla e intuitiva de manera que nos ayuda a eliminar la barrera tecnológica existente entre las personas que tienen limitaciones. Los resultados de la evaluación han sido muy positivos, los usuarios han disfrutado con el sistema y hemos podido comprobar después de varias iteraciones las mejoras cognitivas y comunicativas entre los usuarios.

7. ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto nacional CICYT TIN2011-27767-C02-01 y los proyectos regionales PPII10-0300-4174 and PII2C09-0185-1030. Nos gustaría agradecer enormemente a Erika Gutiérrez, Yolanda Aranda y Luis Alberto Martínez su gran ayuda y participación en el proyecto.

8. REFERENCES

- [1] Craig F. Garfield, E. Ray Dorsey, Shu Zhu, Haiden A. Huskamp, Rena Conti, Stacie B. Dusetzina, Ashley Higashi, James M. Perrin, Rachel Kornfield, G. Caleb Alexander. Trends in Attention Deficit Hyperactivity Disorder Ambulatory Diagnosis and Medical Treatment in the United States, 2000–2010. *Academic Pediatrics* - March 2012 (Vol. 12, Issue 2, Pages 110-116, DOI: 10.1016/j.acap.2012.01.003)
- [2] Caza-Cosas game <http://www.edicinco.com/>
- [3] Cromley, J. (2006) Control a car with your thoughts – it's therapeutic. *Los Angeles Times*, May 15, 2006.
- [4] Elmqvist, N. Distributed User Interfaces: State of the Art .Workshop on Distributed User Interfaces2011 (DUI) at the 29th ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems 2011, ISBN: 978-84-693-9829-6, Vancouver, Canadá, May 7-12, 2011.
- [5] Garaigordobil, M. (1996). Jugar, cooperar y crear: Tres ejes referenciales en una propuesta de intervención validada experimentalmente. *FAISCA. Revista de Altas Capacidades*, 4, 54-75.
- [6] González,P.,Gallud,J.A.,Tesoriero,R. WallShare: A Collaborative Multi-pointer System for Portable Devices. PPD10: Workshop on coupled display visual interfaces. May 25, 2010: Rome, Italy.
- [7] Guía,E. Lozano,M.D. Penichet.V.M.R. Interaction and Collaboration Supported by Distributed User Interfaces: FromGUIs to DUIs. In Proceedings of of the 13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador. ACM, Article No. 53. ISBN: 978-1-4503-1314-8 doi>10.1145/2379636.2379688Elche, Alicante, Spain, Oct. 3-5, 2012
- [8] Ishii, H. Tangible bits: beyond pixels, Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction, February 18-20, 2008, Bonn, Germany [doi>10.1145/1347390.1347392]
- [9] Luminosity game. <http://www.lumosity.com/>
- [10] Nacenta, M. A. Sakurai, S. Yamaguchi, T. Miki, Y. Itoh, Y. Kitamura, Y. Subramanian, S. and Gutwin. C. E-conic: a perspective-aware interface for multi-display environments. In Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 279–288,2007.
- [11] Norbert A. Streitz, Jörg Geißler, Torsten Holmer, Shin'ichi Konomi, Christian Müller-Tomfelde, Wolfgang Reischl, Petra Rexroth, Peter Seitz, Ralf Steinmetz, i-LAND: an interactive landscape for creativity and innovation, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit, p.120-127, May 15-20, 1999, Pittsburgh, Pennsylvania, United States.
- [12] MeMotiva game <http://www.rehasoft.com/tdah/memotiva/>
- [13] Preece J. et al. "Human Computer Interaction" ISBN: 0-201-62769-8. Addison Wesley.
- [14] Ramos-Quiroga JA, Bosch R, Nogueira M, Castells X, Escuder G, Casas M. Trastorno por déficit de atención con hiperactividad en adultos. *Current Psychiatry Reports. Edición en Español*. 2005a; 2:27-33.
- [15] Read, J. C., MacFarlane, S. J., & Casey, C. (2002). Endurability, engagement and expectations: Measuring children's fun. Paper presented at the Interaction Design and Children, Germany
- [16] Rizzo, A. G. Buckwalter, T. Bowerly, A. van Rooyen, J. McGee, C. van der Zaag, U. Neumann, M. Thiebaut, L. Kim and C. Chua. Virtual environment application for the assessment and rehabilitation of attention and visuospatial cognitive process: an update, in Proc. 3rd Intl Conf.

Disability, Virtual Reality and Assoc. Tech., Alghero, Italy, pp. 197-207, 2000

- [17] Rizzo, A. J. G. Buckwalter, T. Bowerly, C. van der Zaag, L. Humphrey, U. Neumann, C. Chua, C. Kyriakakis, A. van Rooyen and D. Sisemore. The virtual classroom: a virtual reality environment for the assessment and rehabilitation of attention deficits, *Cyberpsychology and Behavior*, no. 3, pp. 483-499, 2000
- [18] Streng, S. Stegmann, K. Boring, S. Böhm, S. Fischer, F. Hussmann. H. Measuring effects of private and shared displays in small-group knowledge sharing processes. *NordiCHI 2010*: 789-792
- [19] Wigdor, D.; Jian, H.; Forlines, C.; Borkin, M.; Shen, C., "WeSpace: The Design Development and Deployment of a

Walk-up and Share Multi-surface Visual Collaboration System", *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*, ISBN: 978-1-60558-246-7, April 2009 (ACM Portal)

- [20] Wilkinson, N., Ang, R.P., &Goh, D.H., (2008) Online Video Game Therapy for Mental Health Concerns: A Review. *International Journal of Social Psychiatry*, 54(4) p.370--382.
- [21] Doherty-Sneddon, G. (2009). El lenguaje no verbal de los niños. *Lumen*, Buenos Aires, Argentina.

EMODIANA: Un instrumento para la evaluación subjetiva de emociones en niños y niñas

Carina S. González-González

Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Informática
Universidad de La Laguna
cjgonza@ull.es

Mariana Cairós-González

Facultad de Psicología
Universidad de La Laguna
mariana@isaatc.ull.es

Vicente Navarro-Adelantado

Facultad de Educación
Universidad de La Laguna
vnavarro@ull.es

ABSTRACT

En este trabajo se presenta un nuevo instrumento de medición subjetiva de emociones en niños y niñas, al cual hemos denominado EMODIANA. Este instrumento ha sido elaborado en base las 14 emociones del instrumento Premo© (*Product Emotion Measurement Instrument*). Los principales objetivos de investigación de este estudio fueron: a) analizar el diseño gráfico de un instrumento de evaluación emocional para la medición subjetiva de emociones y su intensidad en niños y niñas y b) analizar el lenguaje de los niños y niñas utilizado para definir las emociones. Asimismo, se presenta el proceso de creación y validación del instrumento sobre 168 niños y niñas de 7 y 12 años y sus principales resultados. El instrumento final permite medir 10 emociones básicas, representadas con diferentes expresiones de un personaje asociadas a sus correspondientes etiquetas, ajustadas al lenguaje utilizado por los niños en su identificación. Asimismo, se presenta una propuesta de diseño gráfico que permite medir la intensidad de cada emoción a través de una diana.

Categorías y Descriptores:

H.1.2 [User/Machine Systems]: Human factors, Human information processing.

Términos Generales: Experimentation, Human Factors.

Palabras claves: Instrumento de evaluación emocional, Evaluación de emociones en niños y niñas, Factores Humanos, Experimentación.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación emocional intenta recopilar y medir información sobre aspectos cualitativos y cuantitativos de la experiencia de un usuario. El instrumento de medición dependerá en gran medida de lo se busca obtener, pudiendo distinguir entre instrumentos no verbales (objetivos) y verbales (subjetivos). Actualmente existen distintas técnicas de medición emocional, tales como, técnicas que permiten analizar las expresiones faciales, técnicas que miden reacciones fisiológicas (por ejemplo, latido del corazón, sudor, dilatación de la pupila o las ondas cerebrales) o las técnicas de

medición subjetiva de sentimientos a través de cuestionarios, entrevistas y auto-informes [1, 2, 3, 4, 5]. Es en este último tipo de técnicas en donde situamos al instrumento de evaluación emocional que presentamos en este trabajo [6].

Existen distintos instrumentos que realizan este tipo de evaluaciones, entre los que encontramos a SAM (Self-Assessment Manikin) [5] o Premo© (Product Emotion Measurement Instrument) [6]. Este último se basa a su vez en SAM, pero está especialmente diseñado para medir la experiencia emocional de un usuario con productos. Aunque este método ha sido utilizado con éxito por los niños, la cantidad de emociones que tiene (14) es potencialmente problemático para su uso como un método de auto-reporte durante una actividad [8]. Esto se debe a que la carga cognitiva que produce es significativa para los niños y niñas, ya que deben identificar, distinguir y seleccionar sus respuestas emocionales entre 14 emociones. Igualmente, existen dificultades de asociación entre el lenguaje utilizado por los niños y su asociación con la representación gráfica de la emoción [8]. Por este motivo se necesita diseñar un nuevo instrumento que tenga en cuenta las dificultades cognitivas de los niños y niñas, y que se base de las fortalezas de los métodos anteriores. Por tanto, los principales objetivos de investigación en este trabajo son:

- a) Analizar el **diseño gráfico** de un instrumento de evaluación emocional en referencia a la **comprensión** por parte de los niños y las niñas de: a) **las representaciones gráficas emocionales (caras)** significativas para la evaluación emocional en juegos y videojuegos [9] y b) la **intensidad emocional**.
- b) Analizar la **coherencia** entre el lenguaje utilizado definir las emociones en Premo© y la literatura [8, 9] y el **lenguaje de los niños y niñas** utilizado en la identificación de las mismas.

A continuación se describe en primer lugar la metodología de creación y validación de la EMODIANA, luego se presentan los principales resultados obtenidos y finalmente, las conclusiones sobre los mismos.

2. METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo el estudio y alcanzar los objetivos de investigación anteriormente planteados, debemos validar parcialmente la herramienta comercial Premo© (diseño gráfico y lenguaje) en una muestra de niños y niñas de entre 7 y 12 años.

La muestra se compuso de 168 menores, de los cuales 96 eran niños y 72 eran niñas, del colegio público “San Fernando Duggi” localizado en Santa Cruz de Tenerife. Se realizó una valoración individual implementada en grupos por aulas del mismo curso (de 3º a 6º de primaria), con una duración aproximada de media

hora. Profesionales expertos en Psicología, Informática y Pedagogía dieron las instrucciones al conjunto de menores y resolvieron las dudas que aparecieron durante la cumplimentación del instrumento de evaluación. Este instrumento pretendía evaluar dos componentes: a) Diseño gráfico y significado emocional y b) Lenguaje infantil y discriminación emocional.

a) Diseño gráfico y significado emocional

Para evaluar el diseño, en primer lugar seleccionamos un subconjunto de caras de Premo©, que son representativas de emociones en juegos y videojuegos, tales como: *deseo, alegría, satisfacción, vergüenza, tristeza, aburrimiento y la cara central o neutral*. A este conjunto de cara de Premo© le añadimos tres nuevas caras creadas por nosotros, que buscan reflejar emociones no recogidas en la herramienta original (*ansiedad/nerviosismo y sorpresa*) y que son relevantes en nuestro proyecto para la evaluación emocional para niños y niñas en juegos y videojuegos. Asimismo, para evaluar si el diseño de gráfico podría influir en la comprensión del significado de la intensidad emocional, se diseñó una diana, con mayor intensidad de color en el centro y menor en el exterior, y se le preguntó a los menores sobre su significado.

De forma de valorar el significado gráfico de la intensidad emocional, en la primera parte del ejercicio se les presentó el dibujo de una diana acompañado de una leyenda con 5 números (1: Muy poco, 2: Poco, 3: Normal, 4: Bastante y 5: Mucho) utilizando una escala de Likert de 5 niveles de respuesta. En esta diana los niños y niñas debían colocar los números, en el lugar de la diana que para ellos representaba ordenándolos de menor a mayor valor.

b) Lenguaje infantil y discriminación emocional

Por otra parte, también queríamos asegurarnos que los niños y niñas comprendían el significado de las emociones tal y como eran categorizadas y etiquetadas por Premo© y la literatura [5, 6, 7]. Para ello utilizamos la técnica adaptada de cardsorting abierto para descubrir las categorías emocionales, en la cual los niños y niñas debían indicar con sus palabras qué emoción representaba la cara observada. De esta forma, se les presentó 10 veces el mismo personaje mostrando 10 expresiones diferentes y se les pidió que escribieran qué emoción creían que sentía el personaje en cada una de esas representaciones. Específicamente se les dijo que tenían que decirnos qué emoción creía que era con una palabra, pudiendo utilizar la misma palabra para definir otra expresión. Los niños y niñas debían cumplimentarlo libremente y de manera individual.

Una vez que obtuvimos las respuestas de los participantes, las clasificamos en 20 categorías halladas a través de una valoración inter-intra-jueces por los expertos. De esta forma, las 20 categorías emocionales analizadas fueron las siguientes: amor/afecto, alegría/contenido, satisfacción/seguridad, vergüenza, tristeza, aburrimiento, indiferencia, ansiedad/estrés/nerviosismo, sorpresa, cansancio/sueño, preocupación, miedo, anhelo/expectación, enfado, frustración, relajado/tranquilo, serio, arrepentimiento, pensativo, otro.

3. RESULTADOS

La edad media de los participantes del estudio fue de 9,55 años con una desviación típica de 1,317, presentando un 57,1 % de la muestra el género masculino y un 42,9% el género femenino. A

continuación se detalla el análisis de frecuencia de las respuestas libres dadas por los participantes.

a) Parte 1. Significado del centro de la diana

Tal y como se puede observar en la Tabla 1., el 83,3% de los 168 niños y niñas de nuestro estudio han respondido que el centro de la diana significa la mayor intensidad (5-mucho), mientras que para el 16,7% restante significa la menor intensidad (1-muy poco).

Tabla 1. Tabla de Frecuencias

	Frecuencia	Porcentaje	% Válido
Muy poco	28	16,7	16,7
Mucho	140	83,3	83,3
Total	168	100	100

b) Parte 2. Significado de las caras

-Cara A: El 50,6% de los participantes respondió que la cara A significaba Alegría/contenido, mientras que un 25,6% contestó Amor/afecto, un 14,9% reveló Otro, un 4,8% respondió Sorpresa, un 1,8% respondió Ansiedad/estrés y un 0,6% del total respondieron Satisfacción/seguridad, Anhelo / expectación, Relajado/tranquilo y no sé.

-Cara B: Acerca de la cara B el 94,6% de los participantes respondió Alegría/contenido, un 3% contestó Sorpresa, un 1,8% reveló Otro un 0,6% dijo Amor/Afecto.

-Cara C: Para la cara C el 51,2% de los participantes respondió Satisfacción/seguridad, un 33,3% contestó Alegría/contenido, un 4,8% indicó Relajado/tranquilo y Pensativo, un 2,4% contestó Otro y un 1,2 Enfado, un pequeño 0,6% del total contestó Serio, Anhelo/expectación, Aburrimiento y No sé.

-Cara D: Las respuestas sobre la cara D se distribuyeron de la siguiente manera el 54,2% de los participantes respondió Vergüenza, un 17,3% contestó Tristeza, un 6% respondió Arrepentimiento y Amor, un 4,8% Ansiedad/estrés, un 1,8% respondió Otro, un 1,2% indicó Preocupación y Relajado/tranquilo. Finalmente un 0,6% de la muestra respondió Alegría/contenido, Satisfacción, Aburrimiento, Sorpresa, Miedo, Enfado, Pensativo y No sé.

-Cara E: Con respecto a la cara E el 67,3% de los participantes respondió Tristeza, un 11,9% contestó Cansancio/sueño, un 5,4% reveló Otro, un 3,6% contestó Preocupación, un 3,0% respondió Arrepentimiento, un 2,4% Vergüenza, un 1,8% respondió Ansiedad/estrés, un 1,2% contestó Aburrimiento y un 0,6% respondió Amor/afecto, Alegría/contenido, Miedo y No sé.

-Cara F: Las respuestas sobre la cara F fueron del 81% Cansancio/sueño y un 19% contestó Aburrimiento.

-Cara G: Para la cara G el 47% de los participantes respondió Serio, un 28% contestó Enfado, un 7,1% reveló Pensativo, un 6,5% respondió Relajado/tranquilo, un 4,2% contestó Otro, un 2,4% respondió Aburrimiento, un 1,8% Tristeza y un 0,6% respondió Amor/afecto, Alegría/contenido, Satisfacción/seguridad, Preocupación y Arrepentimiento.

-Cara H: Ante la cara H el 31% de los participantes respondió Ansiedad/estrés, un 15,5% contestó Otro, un 13,7% reveló Miedo, un 8,9% respondió Enfado, un 8,3% contestó Preocupación, un 5,4% respondió Sorpresa, un 4,8% Cansancio/sueño, un 4,2% indicó Serio, un 1,8% consideró Pensativo, un 1,2%

respondió Arrepentimiento y un 0,6% respondió Amor/afecto, Satisfacción/seguridad y Aburrimiento.

-Cara I: Las respuestas sobre la cara I se distribuyeron de la siguiente manera el 79,2% de los participantes respondió Sorpresa, un 9,5% contestó Alegría/contenido, un 5,4% respondió Otro, un 2,4% Miedo, un 1,2% respondió Anhelo/expectación y Preocupación. Finalmente un 0,6% de la muestra respondió Cansancio/sueño y Relajado/tranquilo.

-Cara J: Con respecto a la cara J el 29,2% de los participantes respondió Tristeza, un 24,4% contestó Miedo, un 13,1% reveló Otro, un 10,7% contestó Preocupación, un 9,5% respondió Ansiedad/estrés, un 3,6% contestó Sorpresa, un 2,4% respondió Serio, un 1,2% indicó No sé, Alegría/contenido, Enfado, Relajado/tranquilo y Pensativo y un 0,6% respondió Arrepentimiento y Aburrimiento.

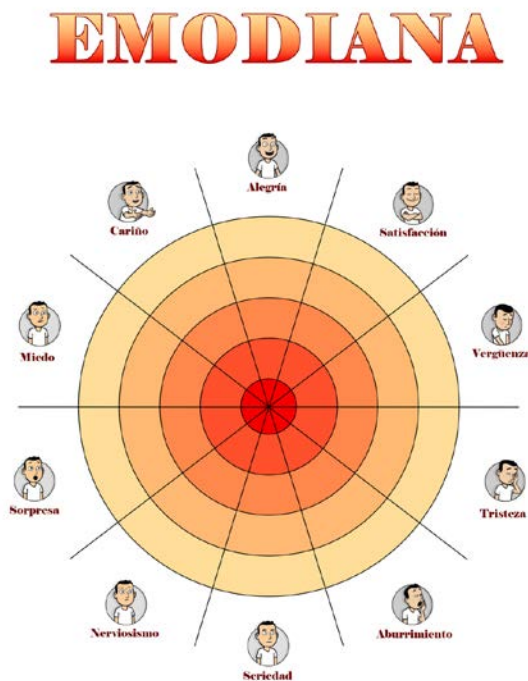


Figura 1. Propuesta final del instrumento de evaluación emocional para niños y niñas

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, sobre las caras y el lenguaje infantil para definir las emociones que éstas representan, hemos definido las 10 categorías emocionales del nuevo instrumento de medición emocional para niños EMOIANA (Figura 1).

Para poder construir nuestro instrumento, hemos comparado nuestros resultados con las categorías que Premo© tiene asignadas sus 7 de sus 14 caras.

La Tabla 2 presenta la comparativa de nuestros resultados con Premo©. Así pues el color rojo representa los resultados que difieren de las categorías de Premo© mientras que el color verde representa las similitudes encontradas entre ambos instrumentos.

La cara A que en Premo© representa Deseo, atendiendo a nuestros resultados, y siempre teniendo en cuenta que son menores de entre 7 y 12 años, la mitad de la muestra la categorizó como Amor/afecto. Los resultados para las caras B,C, D y E son

congruentes con Premo©. La cara F que para Premo© representa aburrimiento, en nuestra muestra infantil representa Cansancio o sueño. Asimismo, la cara central o neutral para Premo© (la cara G) resultó representar Seriedad (47%) y enfado (28%).

Finalmente las caras H y J fueron añadidas para comprobar si representaban Ansiedad/nerviosismo, los resultados demuestran que la cara H representa más la emoción de Ansiedad/estrés/nerviosismo (31%) que la cara J (9,5%). Obteniendo ésta la mayor frecuencia de repuesta para Tristeza (29,2%) y Miedo (24,4%). La cara I añadida para representar la emoción sorpresa arrojó ese resultado para el 79% de la muestra.

Tabla 2. Comparativa de nuestros resultados con Premo©

Cara	Premo©	Nuestros resultados
A	Deseo	Amor/afecto (50,6%)
B	Alegría	Alegría (94,6%)
C	Satisfacción	Satisfacción (51,2%)
D	Vergüenza	Vergüenza (54,2%)
E	Tristeza	Tristeza (67,3%)
F	Aburrimiento	Cansancio o sueño (81%)
G	Central, neutral	Serio (47%) Enfado (28%)
H	-	Ansiedad o estrés (31%) Otros (15,5%)
I	-	Sorpresa (79%)
J	-	Tristeza (29,2%) Miedo (24,4%)

4. CONCLUSIONES

Como conclusiones finales podemos decir que hemos creado un instrumento de evaluación emocional para niños y niñas, conformado con 10 expresiones emocionales, de los cuales:

-4 caras coincidentes con el instrumento Premo© (B,C, D y E) no presentan problemas de comprensión emocional asociada a la imagen presentada ni problemas con el lenguaje utilizado para describirlas,

-3 caras (A, F y G) de Premo©, sí presentan diferencias en la comprensión de su significado.

Asimismo, dado que necesitábamos analizar otras emociones muy importantes en los juegos, como la ansiedad, hemos añadido y validado 2 caras (H y J), de las cuales, vimos que la cara H fue la elegida por los niños como la que más representativa de la emoción que deseábamos. Sin embargo, las últimas caras no son concluyentes, ya que como vemos en los resultados, solo en torno a un 30% de los niños, han realizado la asociación expresión-emoción esperada.

Finalmente, hemos creado un instrumento de evaluación emocional (Figura 1) de videojuegos y juegos motores, basado en Premo©, con nuevas expresiones gráficas de emociones y etiquetas que aseguran su comprensión por parte de los niños y niñas en el rango de edad de 7 y 12 años. Esta herramienta además incluye la valoración de la intensidad emocional a través del uso de la diana, donde comprobamos que para los niños y niñas de nuestro estudio, el centro representa la intensidad más alta (83%).

Asimismo, se decidió utilizar de forma combinada las expresiones emocionales del personaje junto a la etiqueta de la categoría emocional correspondiente, y utilizada por los niños y niñas, de forma de asegurar la comprensión de la emoción elegida.

Destacar que se encontraron diferencias importantes por rango de edad coincidentes a la capacidad de discriminación emocional por rangos de edad, siendo menores en los niños de 7-8 años (3-4 palabras), mientras que en los mayores, encontramos una mayor cantidad de palabras (8-10).

Por tanto, podemos decir que la EMODIANA contribuye a minimizar los errores en la evaluación subjetiva de las emociones de los niños y niñas, debidos a la incompreensión de los elementos gráficos o del lenguaje utilizado.

Actualmente, estamos utilizando la EMODIANA en el aula hospitalaria del Hospital Universitario de Canarias (HUC) para validar las emociones de los niños y niñas hospitalizados antes y después de la intervención con juegos motores y videojuegos activos desarrollados por nuestro grupo de investigación (iTED¹).

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de I+D+i "Desarrollo de hábitos saludables y la educación física a través de Videojuegos Educativos Motores para Niños y Adolescentes Hospitalizados", Ref. EDU2010-20010 del Ministerio de Educación y Ciencia de España. Asimismo, los autores quieren agradecer al todo el equipo de investigación del proyecto, al

6. REFERENCIAS

- [1] P. Ekman and W.V. Friesen, *Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues*, Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ, 1975.
- [2] S. Kaiser and T. Wehrle, "Facial expressions as indicators of appraisal processes," *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research*, 2001, pp. 285-300.
- [3] K. Schneider and I. Josephs, "The expressive and communicative functions of preschool children's smiles in an achievement-situation," *Journal of Nonverbal Behavior*, vol. 15, 1991, pp. 185-198.
- [4] Picard, R., and Daily, S.B. *Evaluating affective interactions: Alternatives to asking what users feel*. Presented at the 2005 CHI Workshop 'Evaluating Affective Interfaces'.
- [5] M.M. Bradley and P.J. Lang, "Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential," *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, vol. 25, 1994, pp. 49-59.
- [6] P. Desmet, "Measuring emotion: development and application of an instrument to measure emotional responses to products," *Funology*, Kluwer Academic Publishers, 2005, p. 123.
- [7] M. Lewis, J.M. Haviland-Jones, and L.F. Barrett, *Handbook of emotions*, The Guilford Press, 2008.
- [8] Pons, F., et al., M., 2003. Individual differences in children's emotion understanding: effects of age and language. *Scandinavian Journal of Psychology*, 44, 347-353.
- [9] Natalia Padilla Zea, José Luís González Sánchez, Francisco Luis Gutiérrez Vela, Ana Abad Arranz y José Rafael López Arco (2012). Evaluación de Emociones en Videojuegos Educativos. El caso particular de los Niños. En *Actas del Congreso Interacción 2012*. Elche. España. 3-5 Octubre.

¹ Grupo de Interacción, Tecnologías y Educación de la Universidad de La Laguna: <http://ited.isaatc.ull.es>

Dispositivos de Interacción para el Desarrollo de Interfaces

<i>Evaluación de la calidad interactiva en toolkits de desarrollo de aplicaciones tangibles.</i> Rosa Gil, Javier Marco, José Luis González, Eva Cerezo y Sandra Baldassarri (L)	75
<i>Creación de un visor de fotografías inmersivo basado en una interfaz de usuario natural.</i> Iván González y Ana Isabel Molina (L)	83
<i>Analizador de Señales Inerciales para Tracking de Pies y Manos.</i> Ernesto de La Rubia y Antonio Díaz-Estrella (C)	91
<i>E-reader y literatura científica electrónica. Encuesta de satisfacción a usuarios profesionales.</i> Carolina Navarro-Molina, Antonio Vidal-Infer, Adolfo Alonso-Arroyo, Juan-Carlos Valderrama-Zurián y Rafael Aleixandre-Benavent (C)	95
<i>GUI Generation from Wireframes.</i> Óscar Sánchez Ramón, Jesus Garcia Molina, Jesús Sánchez Cuadrado y Jean Vanderdonckt (C)	99

Evaluación de la calidad interactiva en toolkits de desarrollo de aplicaciones tangibles

Rosa Gil
Universitat de Lleida
Campus Cappont
Lleida
+34973702542
rgil@diei.udl.cat

Javier Marco
GIGA Affective Lab
Universidad de Zaragoza
Campus Río Ebro
Zaragoza
+34976761916
javi.marco@unizar.es

José Luis González
Grupo GEDES - UGR
C. Periodista Daniel
Saucedo Aranda s/n.
Granada
+34958242812
joseluisgs@ugr.es

Eva Cerezo,
Sandra Baldassarri
GIGA Affective Lab
Universidad de Zaragoza
Campus Rio Ebro
+3497676235{6,7}
{ecerezo,sandra}
@unizar.es

ABSTRACT

El uso de tangibles se ha extendido en los últimos años, por lo que la demanda de aplicaciones para los mismos también ha experimentado un notable crecimiento. Los *toolkits* existentes en el mercado no son aplicaciones diseñadas para cualquier usuario sino para usuarios con considerables conocimientos tecnológicos. Sin embargo, la tendencia debería ser poder disponer de aplicaciones fáciles de utilizar por todo tipo de usuarios como ha ocurrido en otros ámbitos como la web. Este artículo aporta criterios de calidad a la hora de crear *toolkits* de desarrollo de aplicaciones tangibles fáciles de usar y con suficiente potencia expresiva. Para ello contextualiza el último estándar de calidad en uso para productos software ISO/IEC 25010:2011 abordando tanto la calidad de producto como la calidad en uso. Finalmente aplica dichos criterios en la evaluación comparativa de dos *toolkits* tangibles, ToyVision y Reactivision.

Categories and Subject Descriptors

H5.2. User Interfaces: Interaction styles, prototyping, Evaluation Methodology. D.2.2 Design Tools and Techniques. User Interfaces. D.2.8 Metrics. Process metrics, Product metrics. H.3.4 Systems and Software. Performance evaluation (efficiency and effectiveness)

General Terms

Design, Human Factors, Standardization.

Keywords

Tabletop, toolkit, tangible, usabilidad, calidad de producto, calidad en uso.

1. INTRODUCCIÓN

Desde que Ishii acuñara el término “interfaz tangible de usuario” (ITU) [7] a principios de este siglo, numerosas innovaciones en el contexto de los ambientes inteligentes, la internet de las cosas y la educación, entre otros, han surgido desde el entorno académico en torno a este paradigma. Ishii visionó los ITU como la forma de aproximar (o incluso eliminar) la tradicional separación funcional existente entre entradas y salidas de la interfaz de un sistema

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

informático, convirtiendo objetos convencionales en *tokens* tangibles: controles y representaciones de la información digital del sistema. En una ITU, el usuario percibe las interacciones con la aplicación informática a través de las propiedades físicas intrínsecas de los objetos; esto, técnicamente, se consigue a través de sensores y actuadores electrónicos capaces de detectar y provocar, respectivamente, cambios físicos en los objetos implicados en la ITU, de software capaz de tratar la información digital proporcionada por los sensores, y de protocolos de comunicación entre el sistema informático y los actuadores. Resulta evidente, por tanto, la complejidad técnica que implica el desarrollo de una ITU. Esta situación está impidiendo el acceso a la creación de prototipos de ITUs a usuarios con un perfil no ingenieril, como por ejemplo diseñadores, educadores, o incluso niños y adolescentes.

En este contexto, y con el fin de proporcionar un entorno de prototipado fácil de ITUs, han surgido recientemente aplicaciones software o *toolkits* con el objetivo de aislar al desarrollador de los detalles de bajo nivel relacionados con los sensores y actuadores y de su gestión por parte del sistema informático.

A la hora de desarrollar este tipo de *toolkits* es importante aspirar a un alto grado de calidad. El concepto de calidad ayuda a mejorar la consecución de una tarea bajo un contexto determinado según las necesidades de los usuarios que hacen uso del sistema en cuestión, pero requiere de un modelo basado en atributos y propiedades para ser evaluado [9]. La realización de una evaluación de la calidad en uso y el análisis de sus resultados ayuda a conseguir que la experiencia interactiva de los usuarios mejore y, con ello, la productividad del *toolkit*.

El presente trabajo propone la aplicación de un modelo de calidad en uso para evaluar *toolkits* tangibles, y en concreto presenta la experiencia de evaluar el *toolkit* ToyVision, un conjunto de herramientas creadas para facilitar el desarrollo de juegos tangibles en dispositivos *tabletop* (superficies horizontales aumentadas digitalmente), en contraposición a un *toolkit* muy extendido en este ámbito como es Reactivision.

La estructura del artículo es la siguiente: el apartado 2 aporta un estado del arte sobre la cuestión; el apartado 3 describe el *toolkit* tangible ToyVision; el apartado 4 presenta el modelo de calidad en uso utilizado; el apartado 5 presenta la evaluación llevada a cabo; y finalmente el apartado 6 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

2. ESTADO DEL ARTE

La reciente expansión de los dispositivos *tabletop* ha traído consigo nuevos tipos de aplicaciones sociales que aprovechan las

interacciones múltiples que soportan estos dispositivos. Grupos de usuarios pueden interactuar al mismo tiempo con el contenido digital proyectado en la superficie del *tabletop*, directamente con sus dedos o manipulando objetos sobre dicha superficie. Existen varios *toolkits* que soportan el desarrollo de aplicaciones táctiles y tangibles en *tabletops* [3], [4], [11], [16], [18] [19]. Todos tienen en común la técnica utilizada para soportar la interacción tangible: ofrecen al desarrollador una colección de marcadores impresos (*fiduciales*) adheribles a la base de los objetos, los cuales son fácilmente identificables por el software del *toolkit*, el cual informa sobre sus movimientos a la aplicación tangible. Desarrollar una aplicación tangible utilizando estos *toolkits*, consiste, por tanto, en establecer una conexión con dicho *toolkit*, escuchar los eventos relacionados con los movimientos de los *fiduciales* en la superficie del *tabletop*, e interpretar dichos eventos en términos de la aplicación en desarrollo. Una vez desarrollada, es necesario evaluar la experiencia interactiva en busca de un aumento de la productividad y de una disminución del rechazo o la incomodidad que pueda dar lugar al usuario.

La aplicación del concepto de calidad ayuda a que el proceso de evaluación sea más productivo y arroje resultados que ayuden a la mejora del producto. Un modelo de calidad ayuda a que dicha evaluación del concepto en cuestión pueda ser posible. Según Basili [2] un modelo de calidad está basado en tres componentes: Factores (especifican indicadores para caracterizar la calidad), Criterios o Propiedades (indican características evaluables ligadas a los factores) y Métricas (mecanismos para medir las propiedades y que ayudan a caracterizar dichos factores para obtener una visión de la calidad). Existen diversos modelos o estándares de calidad, pero pocos están ligados al último estándar de calidad del software ISO/IEC 25000 - *Software product Quality Requirements and Evaluation* (SQuaRE). Este nuevo estándar reemplaza y unifica a los anteriores ISO/IEC 9126 y 14598 [8] y define dentro de la calidad del software un modelo para la calidad de un producto, y la calidad en uso, es decir, la calidad de un producto debido a su proceso de interacción con los usuarios al realizar tareas concretas en contextos de uso determinados (ISO/IEC 25010, *Quality in Use Model*, 2011) [9] y que es sinónimo de la evaluación de la experiencia interactiva [5]. Este modelo de calidad en uso está basado en los siguientes factores: efectividad, eficiencia, satisfacción, cobertura del contexto y libertad de riesgos.

La consideración del concepto de evaluación de la calidad en uso de los *toolkits* para el desarrollo de aplicaciones tangibles cobra mayor importancia debido al vacío existente en el campo. Actualmente la evaluaciones de estos sistemas se basan en las propiedades de umbral y techo, identificadas por Myers et al. [14] en el contexto de las herramientas para el prototipado de interfaces de usuario. El umbral se refiere a la dificultad de aprender y utilizar una determinada herramienta, y el techo a la complejidad de lo que puede ser construido utilizando dicha herramienta. Se entiende por tanto como deseable en un *toolkit* un umbral bajo y un alto techo, y en base a ellas se han venido evaluando en la literatura las propuestas de *toolkits* para la creación de ITUs, bien centrándose en la expresividad (techo) que ofrece el *toolkit* para abarcar diversos casos de estudio [10], [17], o bien en lo fácil que es usar el *toolkit* (umbral) [6] [15], o bien una mezcla de ambas propiedades [11]. Este tipo de evaluación se centra sobre todo en la funcionalidad de los *toolkits* o de aspectos característicos de ellos pero no en su uso, lo que hace que las experiencias interactivas de los usuarios a los que van destinados este tipo de sistemas no sea del todo óptima. Como en todo sistema interactivo, no sólo es importante que funcione sino

asegurar un grado de calidad en el proceso interactivo que ayude a mejorar la experiencia final de los usuarios a la hora de utilizar este tipo de herramientas.

Es por ello que este artículo propone la aplicación un modelo de calidad en uso para la evaluación del proceso de interacción con este tipo de dispositivos. Y mostrará un ejemplo de su aplicación en la realización de una evaluación de un *toolkit* concreto.

3. ToyVision

El *toolkit* presentado en este artículo, ToyVision [13], supone un paso adelante en el área de los *toolkits* tangibles (ver tabla 1), tanto por ofrecer al desarrollador información de alto nivel relativa a la manipulación de objetos en la superficie del *tabletop* (interacción pasiva), como por ampliar la expresividad de las aplicaciones tangibles, permitiendo interacción activa (mediante movimiento, luz, sonido), gestionando los sensores y actuadores electrónicos embebidos en los objetos encargados de la interacción [12].

Tabla 1. Comparativa de las características tangibles de diferentes toolkits con ToyVision; a/ Twing [19]; b/ CCV [4]; c/ PixelSense SDK [3]; d/ TrackMate+LusidOSC [18]; e/ Paper Maché [11], f/ Reactivision [16]; g/ ToyVision.

	a	b	c	d	e	f	g
Seguimiento 2D	√	√	√	√	√	√	√
Seguimiento 3D							
Interacción con otros dispositivos (smartphones...)			√				
Interacción pasiva							√
Interacción activa							√

ToyVision se compone de varias herramientas (ver figura 1) que ayudan al desarrollador durante todo el proceso de creación de una aplicación tangible. El desarrollador especifica los diferentes comportamientos activos y pasivos de los objetos implicados en la aplicación a través de un asistente gráfico. Dicha especificación es utilizada por el *framework* de ToyVision para interpretar la información proveniente del hardware del *tabletop* (sensor Infrarrojo) en términos de manipulaciones de los objetos en la superficie del *tabletop*. Esta información es codificada en formato XML y enviada al entorno de desarrollo de la aplicación tangible a través de un socket TCP.

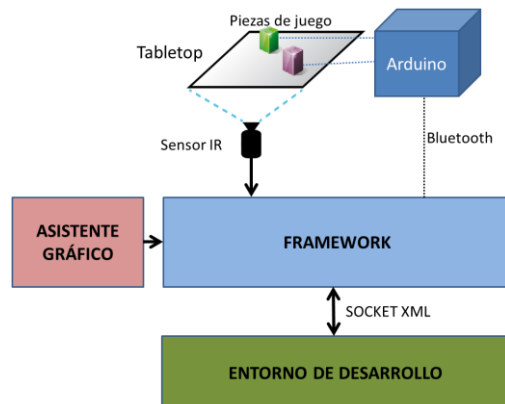


Figura 1. Arquitectura de ToyVision.

El *framework* se basa en los fiduciales y algoritmos de detección de Reactivision [16], por ser una herramienta open-source, y poseer los algoritmos más robustos de detección de marcadores. Para la interacción activa, se basa en la plataforma Arduino [1], ya que se trata de una plataforma de hardware libre, versátil y económica, a través de la cual recibe y envía órdenes a los sensores y actuadores integrados en las piezas de juego.

El Asistente gráfico de ToyVision es una interfaz WIMP (Windows, Icon, Menu, Pointer) que permite al desarrollador crear, de forma intuitiva y guiada, los distintos comportamientos de los objetos en la aplicación en desarrollo (ver fig.2). Esta información es almacenada en un fichero de configuración que utiliza posteriormente el *framework* para detectar dichos comportamientos. Además, el asistente gráfico genera los *fiduciales* que es necesario añadir a la base de los objetos, y guía en la integración sensores y actuadores a través de la plataforma Arduino en aquellos objetos que soporten interacción activa.

A diferencia del resto de *toolkits* tangibles para *tabletops*, cuyo uso para el desarrollador está principalmente orientado al *fiducial* y a eventos relacionados con este (*fiducial* colocado, movido, quitado de la superficie), ToyVision está más orientado a nivel objeto, enviando eventos al entorno de desarrollo directamente relacionados con los comportamientos definidos para los objetos en el asistente gráfico.

Se puede descargar la versión Beta del *toolkit* ToyVision desde <http://www.toyvision.org> bajo licencia *open-source*.

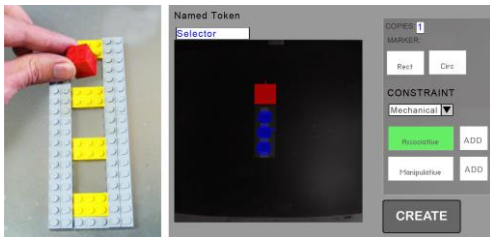


Figura 2. Especificando los comportamientos de una pieza de juego (izquierda) en el asistente gráfico (derecha).

4. MODELO DE CALIDAD EN USO

Como se ha mencionado, hasta ahora una forma común de evaluar los beneficios de los *toolkit* ha sido utilizando los conceptos de umbral y techo introducidos por Myers et al. [14].

Umbral: se refiere a la dificultad de aprender y utilizar un determinado sistema. Bajar el umbral de un *toolkit* significa dar acceso y facilitar el desarrollo de prototipos tangibles a un perfil de usuario con menos conocimientos tecnológicos (electrónica, programación de bajo nivel...). Los TUI *toolkits* bajan el techo del prototipado aislando la implementación del juego de los detalles del hardware del *tabletop* y los juguetes activos.

Techo: captura la complejidad de lo que puede ser construido utilizando el sistema. Subir el techo en un *toolkit* supone ampliar las capacidades de lo que se puede implementar usando dicho *toolkit*.

En este trabajo se propone evaluar el techo y el umbral de un *toolkit* a través de un modelo de calidad en uso del producto, comparándolo con otro *toolkit* ampliamente utilizado en este contexto. Para ello se parte del último estándar de calidad en uso

para productos software ISO/IEC 25010:2011 [9]. A partir del estándar se va llevar a cabo una contextualización de sus factores, indicando una serie de propiedades específicas a medir y sobre todo un análisis de tareas y métricas para realizar dicha evaluación.

Los diseñadores y desarrolladores de aplicaciones tangibles para *tabletops* serán los usuarios (primarios) de un *toolkit* tangible.

El reto de un *toolkit* para tangible debería ser hacer fácil y satisfactorio a los *usuarios* el prototipado de aplicaciones interactivas tangibles para *tabletops*, sin necesidad de poseer previamente, o aprender, complejos conocimientos tecnológicos, y, al mismo tiempo, ser completo y flexible en la expresividad de las interacciones tangibles que permite implementar.

Así pues, el impacto de la calidad de un *toolkit* se traducirá en que pueda ser usado sin tener que adquirir complejos conocimientos técnicos, además de que permita implementar de forma rápida y con pocas líneas de código. Así pues, debería permitir incorporar complejas interacciones con los objetos tangibles, así como tener flexibilidad en el contexto de uso del *toolkit*, tanto en el entorno de desarrollo que pueda usar, como en el tipo de aplicaciones que se puedan implementar.

4.1 Factores

Todo modelo de calidad debe basarse en una serie de factores. En este trabajo se contextualiza la definición de los factores del último estándar en calidad en uso a la evaluación de la experiencia interactiva del usuario con este tipo de herramientas. Los factores son:

Efectividad: grado en el que los *usuarios* finalizan las tareas con precisión y completitud; se relaciona con el umbral del *toolkit* (si los usuarios, dados sus conocimientos y habilidades, son capaces de completar más tareas adecuadamente es porque se ha conseguido bajar el umbral del desarrollo de TUI).

Eficiencia: el grado en el que los *usuarios* consiguen llevar a cabo las tareas propuestas con la adecuada cantidad de recursos; se relaciona igualmente con el umbral del *toolkit*, al ser una referencia del esfuerzo requerido por el usuario para realizar una tarea.

Satisfacción: grado en el que los *usuarios* están satisfechos de lo conseguido usando el *toolkit*; hay que considerar, entre otras, la diversión, el confort, la motivación, la atracción o la emoción.

Cobertura del contexto: grado en el que el producto puede ser usado con efectividad, eficiencia y satisfacción en todos los contextos de uso especificados y en aquellos contextos que van más allá de los inicialmente establecidos. En este caso, su consideración se va a centrar en considerar la Flexibilidad en relación al perfil de usuario, a priori, cualquier potencial diseñador de aplicaciones tangibles con independencia de sus conocimientos tecnológicos previos. Se trata de comprobar si usuarios con perfiles tecnológicos bajos son igual de eficientes que usuarios con perfiles tecnológicos altos (relacionado por tanto con el umbral).

Libertad de riesgos: grado en el que el producto puede ser usado con efectividad, eficiencia y satisfacción en todos los contextos de uso especificados sin implicar riesgos en la seguridad para los *usuarios*, el *toolkit*, el contexto o el medio donde es utilizado.

4.2 Tareas

Una vez contextualizados los factores del modelo de calidad en uso, es importante analizar las tareas más relevantes que se suelen llevar a cabo con este tipo de sistemas para posteriormente, sobre ellas, extraer métricas adecuadas para la evaluación y caracterización de los factores y con ello poder llevar a cabo un análisis de la calidad del proceso interactivo.

Se han identificado las siguientes tareas básicas que se deben realizar con estos sistemas y que serán la base para realizar una evaluación con los usuarios mediante el modelo de calidad en uso:

Tarea 1: Identificar diferentes objetos, ofreciendo realimentación visual en la superficie del *tabletop* sobre la identidad de cada objeto.

Tarea 2: Seguir la posición y orientación de varios objetos, ofreciendo realimentación visual en pantalla (forma que sigue a cada objeto).

Tarea 3: Detección de cambios de estado binarios (activado-desactivado) en un objeto (ej. presencia o ausencia de un subobjeto dentro del objeto).

Tarea 4: Detección de cambios de estado variable de un objeto (ej. seguimiento de la posición de un subobjeto dentro del objeto).

Tarea 5: Control de un actuador con estado activo/no activo (ej. encender/apagar una luz en función de la posición del objeto en la mesa).

Tarea 6: Control de un actuador con estado variable (ej. mover un motor en función de la posición del objeto en la mesa).

Todas las tareas incluyen el proceso completo de prototipado de la aplicación funcional que cumple dicha tarea, además de la ampliación de un objeto convencional a *token* tangible para que el *toolkit* sea capaz de detectar/ejecutar las manipulaciones requeridas por la tarea.

4.3 Métricas

Las métricas son usadas para evaluar cada uno de los factores de calidad sobre algunas de las tareas definidas. El objetivo de cada métrica es aportar un valor que durante la evaluación nos ayude a caracterizar cada factor y por consiguiente obtener información global de cómo se ha realizado el proceso interactivo. La obtención de los valores de las métricas se basa sobre todo en procesos de *observación* y *test con usuarios*. Estas métricas, junto a las originales propuestas con el estándar, ayudan a contextualizar la evaluación de la calidad interactiva en este tipo de sistemas. Ejemplo de métricas propuestas para cada factor son:

Efectividad

Tarea Finalizada. Se refiere al porcentaje de la tarea completada

Medida: $X=F(X)$.

Valor: $X \in [0, 1]$, cuanto más cercano a uno, mejor.

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Tasa completitud de tareas. Debe responder a que proporción de tareas se ha completado correctamente.

Medida: $X=A/B$ A número de tareas completadas, B tareas totales.

Valor: $X \in [0, 1]$, cuanto más cercano a uno, mejor.

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios

Grado Completitud de las tareas. ¿Qué proporción de tareas se ha completado?

Medida: $X=\sum Tf/B$. Donde Tf es el valor del porcentaje de las tareas completadas, B tareas totales.

Valor: $X \in [0, 1]$, cuanto más cercano a uno, mejor.

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Eficiencia

Tasa de tiempo de tarea. Tiempo en completar una tarea (por tanto, deberíamos contemplar en esta medida solo las tareas completadas al 100%)

Medida: $X=Ta$ donde el tiempo es Ta.

Valor: $0 \leq X$ (mejor cuanto más pequeño)

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Tasa de tiempo total. Tiempo en completar todas las tareas

Medida: $X=\sum Ta$ donde Ta es el tiempo de una tarea.

Valor: $0 \leq X$ (mejor cuanto más pequeño)

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Eficiencia de tarea. Eficiencia de los *usuarios* por tarea.

Medida: $X=Tf/T$ donde Tf es el porcentaje de tarea completada, T el tiempo de tarea.

Valor: $0 \leq X$ (mejor cuanto más grande)

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Eficiencia total. Cuánto de eficientes son los *usuarios*.

Medida: $X=\sum Efc/Nt$, donde Efc eficiencia de la tarea y Nt es el número de tareas.

Valor: $0 \leq X$ (mejor cuanto más grande).

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Tasa de recursos por tarea. Líneas de código generadas para completar la tarea

Medida: $X=La$ donde La representa las líneas de código.

Valor: $0 \leq X$ (mejor cuanto más pequeño).

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Tasa de recursos total. Líneas de código generadas para todas las tareas completadas.

Medida: $X=\sum LT$ donde LT son las líneas de código de tarea.

Valor: $0 \leq X$ (mejor cuanto más pequeño).

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Tasa de eficiencia de recursos en una tarea. Cuanto de eficiente es en líneas de código en una tarea.

Medida: $X=Tf/L$ donde Tf es el porcentaje de tarea completada y L líneas de código de tarea.

Valor: $0 \leq X$ (mejor cuanto más grande).

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Tasa de eficiencia de recursos total. Se calcula a partir de todas las tareas evaluadas

Medida: $X=\sum Efr/Nt$ donde Efr es la tasa de eficiencia de recursos por tarea y Nt: número total de tareas.

Valor: $0 \leq X$ (mejor cuanto más grande).

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Satisfacción

Escala de Satisfacción. Se estima cómo de satisfechos están los usuarios

Medida: \sum (valor de respuesta) / número total preguntas

Valor: $0 \leq X$ (cuanto mayor, mas satisfacción).

Entrada: Test de usuarios. Cuestionarios

Cobertura del contexto

Flexibilidad de usuario por tarea. Grado en que la efectividad para una tarea es flexible respecto a la disparidad de habilidades técnicas de los usuarios

Medida: $X = M * V_s$. M tasa de éxito de una tarea; V_s : varianza del grado de conocimientos previos. $V_s = \sum (SH - \mu)^2 / N$. SH ($0 < SH < 1$), resultado normalizado de aquellas cuestiones relacionadas con conocimientos tecnológicos donde μ es la media de todos los test y N es el número de usuarios. Estos resultados se podrán obtener del pre-test realizado.

Valor: $0 \leq X$ (Cuanto mayor mejor).

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Flexibilidad de usuario total. En qué grado la efectividad del *toolkit* es flexible con la disparidad de habilidades técnicas de los usuarios

Medida $X = \sum FIt / Nt$ donde FIt: Flexibilidad al usuario por tarea y Nt: número total de tareas.

Valor: $0 \leq X$. Cuanto mayor mejor. Se calcula a partir de flexibilidad al usuario por tarea.

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

Libertad de Riesgos

Errores del Toolkit. Se debe responder cuáles son las incidencias debidos a daños o problemas relacionados con el *toolkit*

Medida: $X = 1 - A / B$ donde A es el número de ocurrencias o de errores del toolkit y B el número total de usos y situaciones

Valor: $X \in [0, 1]$. Cercano a 1 mejor.

Entrada: Test de usuarios. Monitorización de usuarios.

5. EVALUACIÓN

A continuación se va mostrar la aplicación del modelo propuesto a la evaluación de dos *toolkits*, ToyVision, desarrollado por el ToyVision, y Reactivision (con el API TUIOAS3) desarrollado por la Music Technology Group de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona, el *toolkit* de uso más extendido en el desarrollo de aplicaciones tangibles para *tabletops*. El objetivo último del estudio es evaluar la calidad en uso de ToyVision y comprobar si mejora la experiencia global del usuario, evaluando si baja el umbral de dificultad y eleva el techo de complejidad en comparación con Reactivision.

La evaluación con usuarios del *toolkit*, siguiendo el modelo presentado, se divide en tres partes: *pre-test*, *test* y *post-test*. Durante el *pre-test* se lleva a cabo el análisis del perfil de los usuarios mediante la realización de unos cuestionarios. En el *test* se propone a los usuarios realizar una serie de tareas, similares a las propuestas en del modelo de calidad, llevando a cabo las medidas indicadas. En el *post-test* se recopila, mediante

cuestionarios, información sobre aspectos relacionados con la satisfacción de los usuarios a la hora de usar el sistema.

A continuación se detalla la evaluación llevada a cabo y los resultados obtenidos.

5.1 Descripción de usuarios, tareas, y herramientas de evaluación.

Para llevar a cabo la evaluación se contó con una muestra de 10 estudiantes del Master en Informática de la Universidad de Zaragoza, todos ellos usuarios sin previa experiencia en el desarrollo de *toolkits* para *tabletops*. Para analizar el perfil de usuario se les realizó un *pre-test* de conocimientos técnicos referidos a habilidades de desarrollo de software, y electrónica. En dicho *pre-test*, se les pedía que listasen en qué lenguajes de programación poseían conocimientos, en qué tipos de proyectos informáticos poseían experiencia (web, gestión, multimedia...), y sus conocimientos en electrónica (nivel aficionado, profesional analógico, digital...). Esta información es clave para el análisis posterior de los resultados obtenidos.

En cuanto al *test*, cada usuario llevó a cabo dos tareas (ver descripción más adelante). Cada tarea se realizó dos veces: una usando el *toolkit* Reactivision, y otra usando el *toolkit* ToyVision. La primera tarea encomendada fue muy sencilla y su objetivo fue asegurar que existía un mismo nivel de conocimientos de partida en todos los usuarios. Esta consistió en desarrollar una aplicación básica que identificaba diferentes objetos que se encontraban en la superficie del *tabletop*, primero con el toolkit Reactivision, y después con el toolkit ToyVision. A continuación realizaron una segunda tarea donde los usuarios debían implementar una aplicación sencilla que utilizase un objeto físico como controlador de la aplicación (ver fig.3). Para esta tarea elegían entre dos objetos, con distintos comportamientos, pero con complejidades de desarrollo equivalentes. Debían completar la misma tarea con ambos *toolkits*, primero con ToyVision y después con Reactivision. Los usuarios tenían un límite de tiempo de tres horas para completar cada tarea, estipulado previamente por el experto en el toolkit. Al final de la cual se les pasaba un test de percepción de dificultad de la tarea (tanto para Reactivision como para ToyVision).

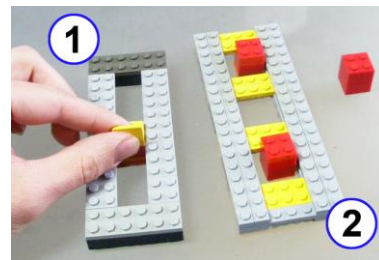


Figura 3. Elementos tangibles utilizados en los tests. (1) Controlador de atenuación. (2) Selector de múltiple respuesta.

Al comienzo de cada tarea del *test*, uno de los miembros del equipo de evaluación explicaba al usuario el objetivo de la tarea y le proporcionaba el material. A partir de ese punto se comenzaba a contar el tiempo. Una vez acabada la tarea se guardaba el resultado para el posterior conteo de las líneas de código generadas. En caso de que el usuario no terminara la tarea en el tiempo estipulado, dicha tarea no se contabilizaba en tiempo y líneas de código

A continuación se detalla cada tarea:

Tarea 1

Objetivo: Identificar la colocación de distintos objetos en la mesa.

Material: Juguetes de plástico que representan un niño y una niña.

Condición de éxito: Imprimir en pantalla un mensaje distinto cuando en la mesa se coloque el niño, o cuando se coloque la niña.

Subtareas:

1. Añadir *fiducial* a los juguetes.
2. Recibir mensajes desde el *framework* en el entorno de desarrollo.
3. Tratar los mensajes para identificar si es el juguete del niño o la niña y qué evento ha disparado el mensaje.
4. Imprimir mensaje en pantalla.

Tarea 2.a

Objetivo: Identificar diferentes estados binarios.

Material: Objeto selector múltiple respuesta (fig. 3-2).

Condición de éxito: Imprimir en pantalla el estado de cada casilla (con o sin subobjeto encajado).

Subtareas:

1. Añadir *fiducial* al objeto.
2. Recibir mensajes desde el *framework* en el entorno de desarrollo.
3. Tratar los mensajes para identificar la presencia del juguete.
4. Tratar los mensajes para identificar la presencia de los subobjetos encajables.
5. Relacionar los subobjetos con su posición dentro del juguete.
6. Actualizar estados del juguete.
7. Mostrar mensaje en pantalla.

Tarea 2.b

Objetivo: Identificar diferentes estados variables.

Material: Objeto controlador de atenuación (fig. 3-1)

Condición de éxito: Imprimir en pantalla un valor numérico que crezca y decrezca según la posición del subobjeto deslizador.

Subtareas:

1. Añadir *fiducial* al objeto.
2. Recibir mensajes desde el *framework* en el entorno AS3.
3. Tratar los mensajes para identificar la presencia del objeto.
4. Tratar los mensajes para seguir la posición del subobjeto deslizante.
5. Relacionar la posición de la subobjeto deslizante con la posición del juguete.
6. Actualizar variable estado de atenuación.
7. Mostrar mensaje en pantalla.

Al finalizar la sesión de evaluación, todos los participantes rellenaban un test de satisfacción, post-test, para cada uno de los *toolkits* (Reactivision y ToyVision), donde también tenían la oportunidad de expresar sus comentarios personales sobre cada

una de estas herramientas. Los participantes contestaban a un conjunto de 10 preguntas sobre su percepción de cada *toolkit*, con una respuesta entre 5 grados (de “muy fácil” a “muy difícil” Escala tipo *Likert*). Las preguntas cubrían su percepción del uso del *toolkit* (eficiencia y efectividad), de la ayuda y documentación incluida en cada *toolkit* (flexibilidad), de la facilidad del proceso de aprendizaje, de la satisfacción de la productividad diaria, y de la confianza y productividad percibidas durante la utilización del *toolkit*.

5.2 Resultados

La intención final de la evaluación era encontrar argumentos sólidos de que, por una parte, ToyVision es una clara alternativa como *toolkit* frente a la competencia y, por otra, ver cuáles son sus aspectos a mejorar.

Durante los cuestionarios y entrevistas post-test se obtuvieron una serie de comentarios que indican la percepción personal y subjetiva de los propios usuarios hacia ambos sistemas. Si se analiza la generalidad de dichos comentarios se puede afirmar que los usuarios indican claramente que ToyVision presenta ventajas en el desarrollo: “Una vez realizada la tarea con Reactivision, con ToyVision ha sido más sencillo y está bien explicado su uso en la documentación”.

Los resultados se han agrupado según los factores del modelo de calidad presentado anteriormente usando para su obtención las métricas propuestas en este artículo para analizar la eficacia, eficiencia, satisfacción, libertad de riesgos y cobertura del contexto.

Efectividad

Todos los usuarios, de un total de 10, terminaron la tarea usando el *toolkit* ToyVision. Por el contrario, sólo 4 usuarios fueron capaces de terminar la misma tarea utilizando Reactivision en el plazo de 3 horas. De esta manera *la tasa de completitud de tareas* fue para ToyVision de un 100%, mientras que para el caso de Reactivision fue de un 40%, lo que provoca que el *grado de completitud* de las tareas sea mayor en ToyVision que en Reactivision.

Sólo las tareas completadas se tuvieron en cuenta para evaluar los posteriores factores relacionados como eficiencia de los usuarios y su grado de satisfacción.

Eficiencia

La Figura 4 compara el *tiempo necesario para completar la tarea* con cada *toolkit*. Los resultados muestran que ToyVision es considerablemente más eficiente en términos de *tiempo* y de *las líneas de código* para la misma tarea que el *toolkit* Reactivision, lo que provoca que la eficiencia de la tarea sean respectivamente de 0,3/0,2/0,3/0,3 para los usuarios que lograron acabar la tarea, mientras que en el caso de ToyVision los valores son mayores en todos los casos, no bajando de 0,8 y hasta valores de 2.

La figura 5 compara las *líneas de código generado* para completar cada tarea con cada *toolkit*. De esta manera se puede apreciar que *la tasa de recursos por tarea*, es decir, las líneas de código generadas, es siempre claramente mayor en el caso de Reactivision. En el caso de la *tasa de eficiencia de recursos totales*, de nuevo es mayor en ToyVision que en Reactivision, pues se obtiene frente a 1,15 un 12,6. Claramente, se demuestra una diferencia considerable entre ambos *toolkits*.

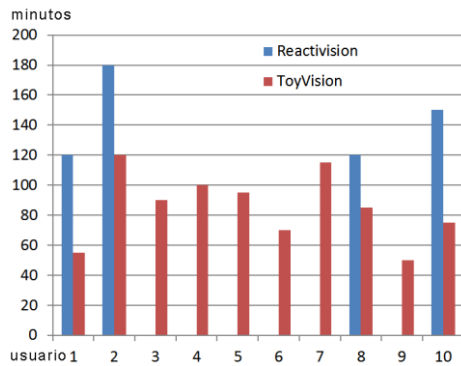


Figura 4. Tiempo necesario para completar cada tarea

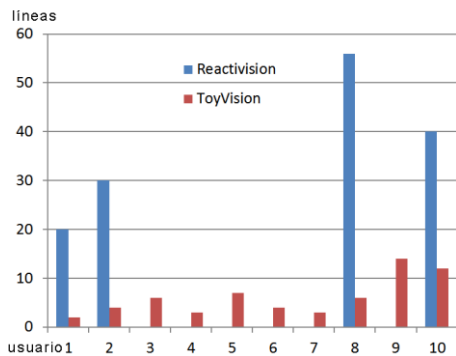


Figure 5. Líneas de código para completar cada tarea

Libertad de Riesgos

No se encontraron diferencias significativas entre ambas opciones, pues exhibían un comportamiento bastante parecido, sin la existencia de corrupciones de software, como tampoco demasiados usos peligrosos en las tareas propuestas en esta evaluación.

Cobertura del Contexto

El análisis de la flexibilidad de la herramienta es uno de los factores claves en el análisis de la calidad en uso. Tomando los datos de los *pre-test*, se evaluó la flexibilidad de usuario por tarea. El primer paso fue encontrar la media de conocimientos en los tres grupos del *pre-test* (conocimientos de programación, experiencia en el desarrollo de aplicaciones y conocimientos de electrónica). Se podía elegir entre 10 opciones en el primer grupo, 8 en el segundo y 5 en el tercero. A continuación se analizarán los datos en cada grupo. Los usuarios obtuvieron una media de 4,5 elecciones en los conocimientos de programación y donde el usuario que mencionó menor número de ellos fue de 2 y el mayor de 7. Casualmente también se observó que los que mayor número de conocimientos de programación poseían también rellenaban la casilla de “otros”. En cuanto a la experiencia en el desarrollo de aplicaciones, era más visible la disparidad de valores, pues había usuarios que presentaron valores ostensiblemente elevados como 7 ó 5 y otros que apenas tenían experiencia con valores incluso de 0. La media en este caso fue de 2,9. Respecto al último punto, nadie tenía conocimientos de Arduino, y sí declararon prácticamente todos (80%) poseer conocimientos teóricos sobre electrónica. Los valores, de nuevo, desiguales, teniendo máximos de 3 y mínimos de 0, con una media de 1,4. El paso siguiente era calcular la varianza para saber finalmente la flexibilidad del usuario en esta tarea. De nuevo, la tasa de éxito de la tarea decanta la balanza hacia ToyVision: con una tasa de éxito mucho

mayor, se obtienen mejores resultados. Así que, para los tres grupos de conocimientos previos se obtienen los resultados en la varianza de 3 / 4,8 / 0,8 respectivamente. La flexibilidad aumenta de manera diferente en el caso de ToyVision y Reactivision, obteniendo valores de 294, 477 y 85 respectivamente para la flexibilidad de usuario total en el caso de ToyVision y en Reactivision de 118 / 191 / 33,6. Es decir, es una métrica excelente para mostrar, frente a unos conocimientos iniciales de los usuarios, la adaptabilidad a una tarea por parte del entorno.

Satisfacción

La verificación de la satisfacción se suele realizar a partir de los comentarios a la hora de realizar las distintas tareas y los cuestionarios *post-test*. Estos cuestionarios intentaron recoger las impresiones de los usuarios. Centrándose en la dificultad de uso de los distintos sistemas a la hora de realizar las tareas, la Figura 6 muestra la comparación entre los dos juegos de herramientas. En general, los usuarios encontraron que era más fácil para completar las tareas con el ToyVision que con Reactivision.

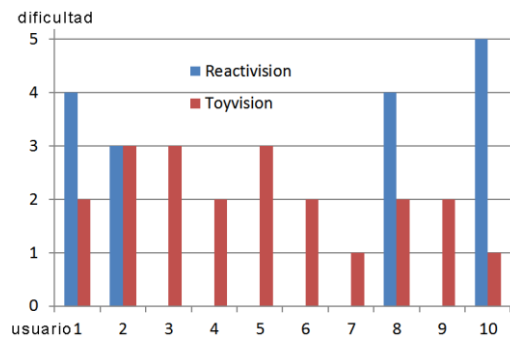


Figure 6. Dificultad (5 muy difícil – 1 muy fácil) percibida por cada usuario

Respecto a la experiencia global del usuario, se mostraban el 100% más satisfechos con ToyVision debido a que su productividad aumentaba con ella, destacando la facilidad para realizar las tareas en poco tiempo y cómo usuarios noveles no encontraban mayores complicaciones para realizarlo. Este es un aspecto positivo que permite asegurar que la experiencia interactiva tiene un alto grado de calidad comparada con la otra alternativa. Sin embargo, los usuarios indicaron la necesidad de mejora de la ayuda contextual para facilitar diversas situaciones. También recomendaron poder adaptar la interfaz a distintos perfiles y personalizar los elementos del sistema. En cualquier caso, ToyVision obtuvo mejores impresiones generales que la otra herramienta con la que se comparaba en esta evaluación.

En cuanto al proceso de aprendizaje de cada *toolkit*, los usuarios en general valoraron negativamente la escasez de documentación del *toolkit* Reactivision (“es difícil interpretar la información que devuelve el sistema y la ayuda proporcionada es insuficiente”). Así mismo, los usuarios percibieron que el proceso de aprendizaje podría haber sido más sencillo en Reactivision (“con una buena documentación el sistema resultaría más útil y sencillo”). Por el otro lado, la documentación de ToyVision fue valorada muy positivamente, aunque requería un mayor esfuerzo inicial para leerla antes de empezar a desarrollar (“los manuales y diferentes ayudas que hay que mirar para usarlo cuesta más, pero a la larga, las funciones creo que aligeran mucho cualquier tarea”), y en especial se valoró positivamente la utilización de recursos multimedia para facilitar el proceso de aprendizaje (“los videos explicativos permiten aprender a usar el asistente en cuestión de segundos”).

5.3 Gestión de errores y mejoras del experimento

Aunque el objetivo primero de esta evaluación era probar la validez del modelo de calidad en uso para la evaluación de este tipo de sistemas y los resultados en ese sentido fueron satisfactorios, toda evaluación puede ser mejorable. Algunas cuestiones quedaron pendientes y serán el punto de partida para el trabajo futuro. Un ejemplo es la realización de un estudio de género, no llevado a cabo ya que todos los participantes en la evaluación fueron de género masculino. También sería recomendable aumentar el número de usuarios de manera que se pueda disminuir el error, tal y como se desprende de la regla 20/20 (www.measuringusability.com/test-margin.php), que con una muestra de 10 usuarios oscila alrededor del +/-36%. Aun habiendo tenido en cuenta el cambio en el orden de uso de los toolkits al pasar de una tarea a otra, también se debería añadir aleatoriedad al pasar de un usuario a otro. Sin embargo, debido a la gran diferencia de esfuerzo requerida en las tareas según el toolkit utilizado, pensamos que el cambio de orden en usuarios no alteraría sustancialmente los resultados ya obtenidos. Adicionalmente, se deberían refinar algunas métricas como las de flexibilidad en cobertura del contexto para dar cabida a diferentes niveles de un mismo conocimiento y en general, sería importante mejorar el ejemplo de baterías de métricas para conseguir métricas cada vez más específicas que ayuden a obtener mejores resultados a la hora del análisis de la calidad en uso.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha presentado un modelo de calidad en uso, con el objetivo de llenar el vacío existente en el campo de la evaluación de *toolkits* para el desarrollo de aplicaciones tangibles. El modelo presentado surge de la aplicación y contextualización del último estándar ISO/IEC 25010:2011 [9] y busca conseguir una mejor experiencia interactiva en el uso de dichos *toolkits*.

Hasta ahora en la literatura la evaluación de estos *toolkits* se ha llevado a cabo, en general, de forma confusa, anárquica y centrada en los aspectos funcionales, dando por hecho que un correcto funcionamiento es sinónimo de calidad o de experiencia interactiva positiva. Con el modelo de calidad presentado se pretende asegurar que en el objetivo final al desarrollar este tipo de productos se integre la UX (*User Experience*). Por otro lado, gracias a las métricas propuestas, es posible evaluar fortalezas y debilidades.

Como trabajo futuro se plantea la evolución del modelo y de las métricas, teniendo en cuenta las exigencias y nuevas tecnologías que van surgiendo. Para ello, se está trabajando en nuevas métricas que ayuden no sólo a identificar la calidad en uso, si no la calidad del producto en sí. Otro objetivo es ampliar el análisis de la cobertura de contexto para analizar en mayor medida la diversidad del usuario, o cómo se comporta el *toolkit* en aplicaciones para las cuales no fue diseñado en origen: juegos para *tabletop* musicales, de simulación, o incluso en otros dispositivos que no fueran mesas (aplicaciones tangibles en toda una habitación, o en una pared....).

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el gobierno de España a través del contrato DGICYT TIN2011-24660.

8. REFERENCIAS

[1] Arduino: <http://www.arduino.cc>

- [2] Basili, V.R. 1984. A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data. In *IEEE Transactions On Software Engineering*. 10 (1984) 728-738.
- [3] Bollhoefer, K.W., Meyer, K., and Witzsche, R. 2009. Microsoft Surface und das Natural User Interface (NUI). Technical report, Pixelpark, Feb. 2009.
- [4] CCV web: <http://ccv.nuigroup.com/>
- [5] González-Sánchez, José-Luis; Montero-Simarro, Francisco; Gutiérrez-Vela, Francisco-Luis. 2012. Evolución del Concepto de Usabilidad como Indicador de Calidad del Software. *El profesional de la información*, 2012, septiembre-octubre, v. 21, n. 5, 529-536.
- [6] Hartmann, B., Klemmer, S.R., Bernstein, M. and Mehta, N. 2005. "d.tools: Visually Prototyping Physical UIs through Statecharts," in Conference Supplement to UIST'2005.
- [7] Ishii I. and Ullmer, B. 1997. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. En ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems (CHI '97). ACM, New York, NY, USA, 234-241
- [8] ISO 9126-1, Software Engineering. (2001). *ISO Press*
- [9] ISO 25010-3, Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE): Software product quality and system quality in use models. (2011) *ISO Press*.
- [10] Kaufmann, B. and Buechley, L. 2010. Amarino: a Toolkit for the Rapid Prototyping of Mobile Ubiquitous Computing. En 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services (MobileHCI '10). ACM, New York, NY, USA, 291-298.
- [11] Klemmer, S.R., Li, J., Lin, J., Landay J.A. 2004. Papier-Mache: Toolkit Support for Tangible Input. En SIGCHI conference on Human factors in Computing Systems (CHI'04), 399-406.
- [12] Marco, J., Baldassarri, S. and Cerezo, E. 2013. ToyVision: a Toolkit to Support the Creation of Innovative Board-Games with Tangible Interaction. En 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '13). ACM, New York, NY, USA, 291-298.
- [13] Marco, J., Cerezo, E., and Baldassarri, S. 2012. ToyVision: a Toolkit for Prototyping Tabletop Tangible Games. En 4th ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems (EICS '12). ACM, New York, NY, USA, 71-80.
- [14] Myers, B., Hudson, S.E. and Pausch R. 2000. Past, Present, and Future of User Interface Software Tools. En ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. 7, 1 (March 2000), 3-28.
- [15] Nebeling, M. and Norrie, M. 2012. jQMMultiTouch: Lightweight Toolkit and Development Framework for Multi-Touch/Multi-Device Web Interfaces. En 4th ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems (EICS '12). ACM, New York, NY, USA, 61-70.
- [16] Reactivision: <http://reactivision.sourceforge.net/>
- [17] Shaer, O. and Jacob, R. 2009. A Specification Paradigm for the Design and Implementation of Tangible User Interfaces. ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. 16, 4, Article 20 (November 2009), 39 pages.
- [18] Trackmate: <http://trackmate.sourceforge.net/>
- [19] Twing: <http://www.xenakis.3-n.de>

Creación de un visor de fotografías inmersivo basado en una interfaz de usuario natural

Iván González Díaz
Universidad de Castilla-La Mancha
Escuela Superior de Informática
Paseo de la Universidad, 4
13071 Ciudad Real
ivan.gzdiaz@gmail.com

Ana I. Molina Díaz
Grupo CHICO (Computer-Human Interaction
and Collaboration)
Universidad de Castilla-La Mancha
Escuela Superior de Informática
Paseo de la Universidad, 4
13071 Ciudad Real
Analsabel.Molina@uclm.es

ABSTRACT

Ratones, teclados, pantallas, son objetos omnipresentes en nuestros lugares de trabajo y hogares. Sin embargo, estas herramientas de interacción tradicional establecen una frontera rígida entre el mundo virtual o creado por el ordenador y nuestro mundo real. Gastamos mucha energía en transferir información entre ambos mundos y lo que es más, vemos reducida nuestra libertad o grado de interacción, al adaptar nuestro comportamiento natural al racional, lógico y limitado de la máquina.

Este artículo pretende mostrar las ventajas de las *interfaces de usuario naturales* (NUIs), en ciertos ámbitos de uso, frente al paradigma de interacción tradicional y las interfaces de usuario basadas en la *metáfora de escritorio*. Para ello se construirá un visor de fotografías tridimensional que aprovechará la ubicación de la cabeza y el enorme potencial de las manos como herramientas de interacción para lograr cierta sensación de *presencia física y participación* dentro del mundo virtual generado por el visor.

Keywords

interacción persona-computador, realidad virtual, interfaz de usuario natural, inmersión, headtracking, gestos naturales, kinect, skeleton tracking.

1. INTRODUCCIÓN

El enfoque de interacción tradicional, basado en el uso del teclado, el ratón y la pantalla como canales de comunicación entre el hombre y la máquina ha sido el paradigma de interacción predominante desde la década de los ochenta hasta nuestros días. No obstante, durante ese tiempo, no han sido pocas las voces que han puesto de manifiesto la *carencia de comunicación natural con la máquina* [1].

En la búsqueda de esa naturalidad en el diálogo hombre-máquina han surgido nuevos paradigmas de interacción para

rebasar la barrera rígida, impuesta por el enfoque tradicional que separa el mundo real y el mundo virtual. De entre los nuevos paradigmas [2], el visor de fotografías inmersivo en el que se centra la exposición de este artículo, queda enmarcado dentro del paradigma interactivo de *realidad virtual* (RV). Los sistemas de RV trasladan al usuario a un mundo virtual que trata de modelar una realidad concreta, buscando un cierto grado de inmersión, autonomía y participación por parte de éste [3].

Los autores en [2] enuncian tres condiciones que todo sistema de RV ha de cumplir:

- Inmersión (sensación de presencia física directa).
- Indicaciones sensoriales en tres dimensiones.
- Interacción natural.

La primera de ellas (inmersión) está centrada en la creación de indicaciones sensoriales (*visuales, auditivas, hápticas, olfativas...*) por medio de la tecnología, para que el usuario experimente la sensación de presencia física en el entorno virtual. La segunda condición, aboga por la necesidad de presentar la información visual en tres dimensiones. Por último, en lo referente a la interacción natural, los sistemas de RV deben permitir manipular los objetos virtuales utilizando los mismos gestos que se usan para manipular objetos reales: *girar, arrastrar, tirar, coger, ...*

Conforme se avance en la exposición del artículo se abordarán cada una de las condiciones anteriores para el caso particular del visor de fotografías desarrollado.

Este artículo está estructurado en seis secciones diferentes. La sección 2 se dedica al análisis de varios trabajos en el ámbito de la interacción natural, se exponen también algunos mecanismos de seguimiento de esqueleto y por último, se presentan diversos enfoques en el análisis de características de la mano para identificar poses. La sección 3 se centra en dar a conocer los objetivos que pretenden alcanzarse con la creación del visor de fotografías inmersivo. Por su parte, en la sección 4 se resalta la necesidad de adecuar dinámicamente la perspectiva según la posición de la cabeza del usuario y la pantalla de proyección para lograr cierto efecto de inmersión realista. En la sección 5 se detalla la metodología empleada para detectar si la mano está *abierta o cerrada*, lo que permitirá implementar gestos que guiarán la interacción con el visor. Por último, la sección 6 recoge una serie de conclusiones sobre la experiencia del usuario durante la interacción.

2. TRABAJO RELACIONADO

Esta sección se compone de tres apartados. El primero de ellos realiza un análisis de las aportaciones de varios autores sobre cuáles son los criterios deseables en el diseño de interfaces de usuario naturales. El segundo apartado, se centra en la necesidad de incorporar algún mecanismo de *tracking* o seguimiento de diversas partes del cuerpo para soportar la interacción natural. En este contexto, se presenta el dispositivo kinect de Microsoft® y dos alternativas para el seguimiento de esqueleto. Por último, la interacción natural que propone el visor de fotografías desarrollado precisa del uso de una o ambas manos para la realización de ciertos gestos. Concretamente, se requiere poder determinar si la mano está *abierta* o *cerrada*. Por ello, el tercer apartado se dedica a exponer varios enfoques de análisis de características que permiten segmentar los dedos de la mano e identificar diferentes poses de ésta.

2.1 Diseño de interfaces de usuario naturales

A diferencia de las interfaces tradicionales, las interfaces de usuario naturales siguen el principio de continuidad. Deben modelarse como una serie de transformaciones consecutivas que pueden ser deshechas, en cualquier momento, simplemente deteniendo el gesto que las originó o comenzando otro que las contrarreste. Las interrupciones no están permitidas. Partiendo de esta premisa, los posibles cambios de estado durante la interacción no son notificados mediante *cuadros de diálogo*, como ocurriría en las interfaces tradicionales [4].

En este sentido, Chang y Ungar [5] advierten de que cambios bruscos sobre la interfaz desvían la atención del usuario durante la interacción, suponiendo un esfuerzo cognitivo extra y rompiendo la continuidad del diálogo hombre-máquina. En la misma línea, Gerken, Jetter y Reiterer [6] abogan por *gestos naturales* sencillos, continuos y suaves, que denominan *manipulaciones* (*arrastrar, rotar, escalar...*) y rechazan los *gestos simbólicos*, que resultan indirectos, complicados e incrementan la carga cognitiva en el proceso comunicativo. Según su opinión, los gestos simbólicos conducen a una generación de *interfaces de usuario pseudo-naturales*. Los comparan con los atajos de teclado de la interacción tradicional. Un criterio clave para garantizar la condición de continuidad es el de *latencia*, que se define como el tiempo que transcurre desde que el usuario lleva a cabo un gesto en el mundo real, hasta que dicho gesto se hace efectivo en el mundo virtual. La latencia afecta al grado de similitud de la *dimensión temporal* entre ambos mundos y debe reducirse tanto como sea posible.

Por otro lado, de cara a crear una experiencia lo más intuitiva y natural posible es primordial diseñar objetos virtuales que sugieran, de forma espontánea, un modo de interactuar con ellos (*affordance*) [7]. En este proceso de creación nuestro propio aprendizaje y experiencia vital han de servirnos

tecnología invisible	baja latencia	mapear espacios: real \Rightarrow virtual
continuidad	affordances	manipulación directa
gestos continuos y NO simbólicos)	reducir el esfuerzo cognitivo	simplicidad

Table 1: Criterios deseables en una interfaz de usuario natural.

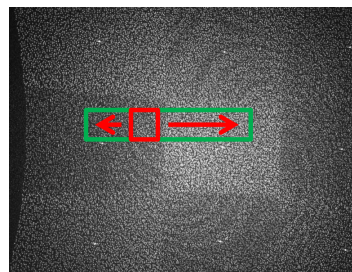


Figure 1: Patrón estructurado de luz infrarroja y concepto de ventana de correlación.

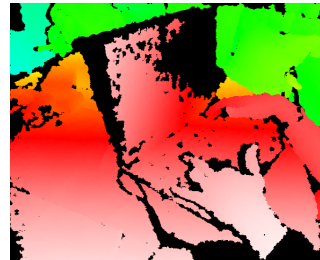


Figure 2: Mapa de profundidad.

como fuente de inspiración.

Los objetos virtuales creados son manipulados directamente por el usuario, de modo que el espacio físico con el que cuenta para realizar gestos ha de ser igual, o directamente proporcional, al espacio de manipulación en el mundo virtual, creando una ilusión de coherencia con la realidad. Así pues, la *organización espacial* de los objetos virtuales debe atenderse a algunas reglas de mapeo con respecto al mundo real.

La tabla 1 es un compendio de todos estos criterios, considerados de *buena praxis* en el diseño de interfaces naturales y que se han tenido en cuenta en la construcción del visor.

2.2 Kinect y el seguimiento de esqueleto

Para soportar la interacción natural es preciso incorporar algún mecanismo que permita el seguimiento o *tracking* de las diversas partes del cuerpo involucradas. En este sentido, el visor de fotografías desarrollado se aprovecha de las virtudes de kinect [8], como dispositivo de *tracking visual no invasivo*.

Kinect está equipado con un proyector que emite un patrón estructurado de luz infrarroja y un sensor CMOS infrarrojo que captura como se ha desplazado la textura emitida sobre los objetos de la escena, respecto de un patrón modelo almacenado.

El sensor y el proyector de infrarrojos componen un par estéreo, con una distancia entre ellos (*baseline*) de 7.5cm. Para cada píxel de la imagen infrarroja, una pequeña ventana (de 9x9 píxeles) es desplazada y comparada con otra ventana del patrón modelo. La ventana desplazada con un valor de correlación más alto, con respecto de la ventana del patrón modelo, determina la *disparidad* entre los píxeles de éstas (véase Fig.1). Conocida la disparidad, puede estimarse la profundidad de cada píxel por triangulación, conformando en su conjunto el *mapa de profundidad* de la escena (véase Fig.2). Todo este proceso descrito somera-

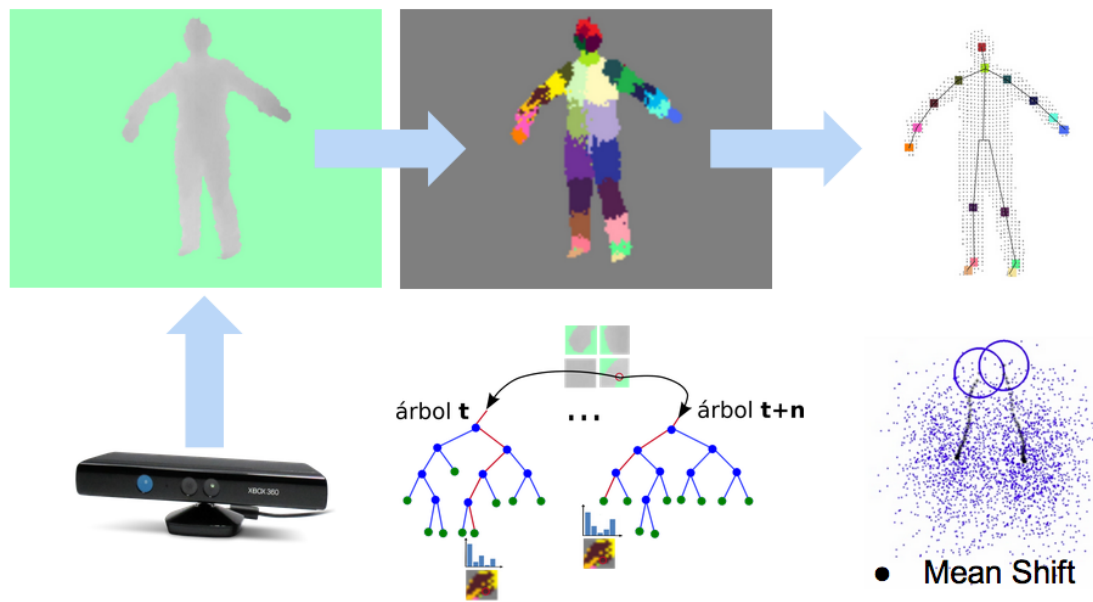


Figure 3: Etapas del algoritmo de seguimiento de esqueleto ideado por Microsoft®.

mente aquí, aparece minuciosamente detallado en [9]. Cada píxel del mapa de la Fig.2 contiene un valor con la profundidad que lo separa de kinect y no un color. Si bien, para hacer el mapa comprensible a simple vista, los valores de profundidad son traducidos en un rango de colores o intensidades que permiten fácilmente saber como de alejado está un objeto en la escena.

En definitiva, los mapas de profundidad son estructuras de datos bidimensionales que almacenan información tridimensional capturada por el sensor de profundidad (kinect). A partir de ellos es posible obtener una representación 3D del espacio volumétrico de la escena, compuesto por diversas *nubes de puntos*.

Los mapas de profundidad constituyen la entrada de los algoritmos de seguimiento de esqueleto que realizan el *tracking* de las diferentes partes del cuerpo. En el momento de escribir este artículo son dos los algoritmos de seguimiento de esqueleto disponibles para kinect. El primero de ellos, creado por *Microsoft Research Lab Cambridge*, forma parte del SDK oficial [10] y logra hacer *tracking* de 20 *joints* o uniones de esqueleto. Por su parte, la empresa desarrolladora de la tecnología empleada por kinect PrimeSense®, ofrece un *framework* denominado OpenNI [11] que combinado con su *middleware* NiTE proporciona seguimiento de 15 *joints*. Ambos algoritmos realizan el *tracking* de cabeza y manos, condición requerida por el visor de fotografías inmersivo.

Un análisis detallado de los pormenores del algoritmo de Microsoft® puede verse en [12]. A grandes rasgos, el grosor del algoritmo consiste en transformar el seguimiento de esqueleto en un problema de clasificación de los píxeles del mapa de profundidad, (previa sustracción del fondo), como parte de una de las 31 zonas en que dividieron el cuerpo humano.

La clasificación se resuelve entrenando una serie de árboles de decisión, con píxeles tomados al azar de miles de mapas de profundidad en multitud de poses. De esta man-

era, se construye un *bosque de decisión aleatorio* que clasifica fuertemente los píxeles de profundidad, provenientes de kinect, como parte de una de las 31 zonas mencionadas.

Las 20 proposiciones de *joints* finales se obtienen aplicando el algoritmo iterativo *Mean Shift* [13] a los puntos de cada una de las 31 partes del cuerpo. *Mean Shift* permite encontrar los extremos locales (*joints*) en la distribución de densidad subyacente de una o varias zonas del cuerpo.

La Fig.3 resume de manera gráfica las etapas del algoritmo.

2.3 Análisis de características de la mano

La interfaz de usuario natural diseñada para el visor de fotografías desarrollado requiere poder determinar si la mano está *abierta* o *cerrada*. Aunque el seguimiento de esqueleto que ofrece kinect permite conocer la posición de cada mano, no puede determinar su pose o identificar sus dedos.

En este apartado se exponen algunos de los enfoques existentes para el análisis de características de la mano, a partir de mapas de profundidad de la misma, que permiten segmentar sus dedos y conocer su pose.

Los mapas de profundidad ofrecen una serie de ventajas con respecto a las imágenes producidas por los sensores RGB ordinarios. Permiten la segmentación de objetos en ambientes de baja luminosidad, son invariantes al color y la textura, resuelven posibles situaciones de ambigüedad en la detección de siluetas gracias a la información de profundidad, simplifican la *sustracción del fondo*... Por todo ello, los mapas de profundidad son de gran utilidad para la segmentación de los dedos de la mano y la detección de poses.

En este artículo se exponen dos enfoques diferentes para el análisis de características de la mano a partir del mapa de profundidad:

- Enfoque 3D basado en las discrepancias entre un modelo virtual de la mano y la nube de puntos observada.
- Enfoque 2D basado en el análisis de características del contorno de la mano.

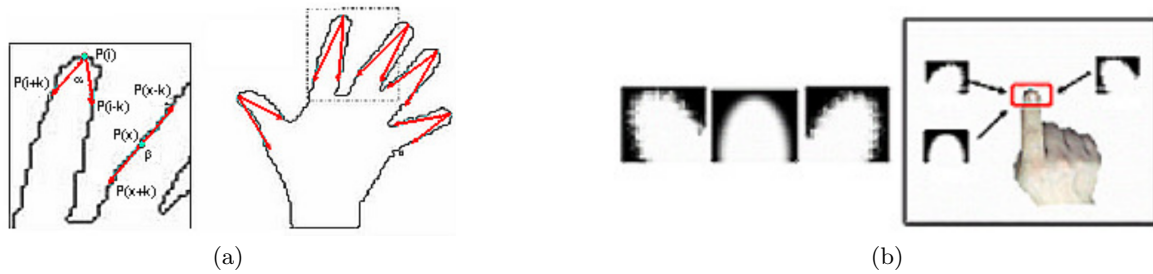


Figure 4: Enfoque 2D basado en análisis de contorno (extraído de [15]). En (a) K-curvatura, en (b) Template Matching.

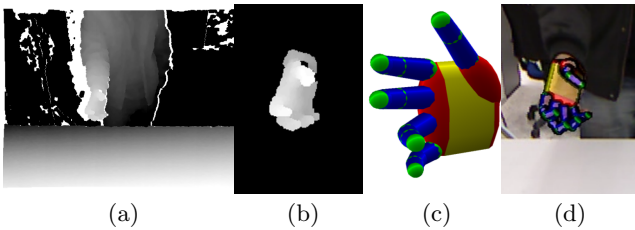


Figure 5: Ilustración gráfica del prototipo en [14]. En (a) mapa de profundidad, en (b) mano segmentada, en (c) modelo 3D, en (d) resultado final.

2.3.1 Enfoque 3D

Consiste en resolver un problema de optimización, cuyo objetivo es minimizar las diferencias entre las características de poses hipotéticas de un modelo virtual 3D de la mano y la nube de puntos, obtenida a partir del mapa de profundidad de la mano real.

En [14], el problema de optimización propuesto es resuelto usando una variante del algoritmo PSO¹. Un prototipo implementado, que hace uso de programación paralela mediante *GPU computing*, demuestra la robustez de esta solución. Sin embargo, tan sólo permite la segmentación y *tracking* de los dedos de una mano con una tasa de frames de 15Hz. La Fig.5 ilustra el proceso.

2.3.2 Enfoque 2D

Una vez extraído el contorno de la mano del mapa de profundidad, se realiza una comparación píxel a píxel, con respecto a ciertas características que sirven para determinar donde están los dedos. En [15] se presentan algunas de estas técnicas: *K-curvatura* y *Template Matching*.

El contorno de la mano puede representarse como un conjunto de puntos $P(i) = (x(i), y(i))$. La *K-curvatura* se calcula en cada punto del contorno como el ángulo $\alpha(i)$ entre los vectores $[P(i-k), P(i)]$ y $[P(i), P(i+k)]$, donde k es una constante (véase Fig.4(a)).

La idea básica es que los puntos del contorno que se corresponden con las yemas de los dedos tienen sus ángulos de *K-curvatura* dentro de un intervalo específico. El principal problema de usar este tipo de característica es que produce gran cantidad de falsos positivos. Además, la k seleccionada, así como el intervalo del ángulo que indica si se está ante un dedo o no, varían con el tamaño de la mano y por tanto, con la distancia relativa al sensor de profundidad.

Con respecto a la técnica de *Template Matching*, se fun-

¹Particle, Swarm, Optimization.

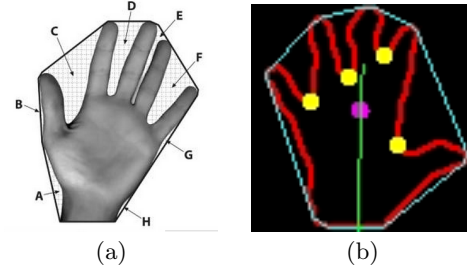


Figure 6: En (a) *convex hull* y *convexity defects* (extraído de [17]). En (b) *defects* (en amarillo).

damenta en la búsqueda de pequeños fragmentos del contorno que coinciden con alguno de los patrones (*templates*) preestablecidos. Un ejemplo de *templates* puede verse en la Fig.4(b).

Por último, otro ejemplo de procedimiento que emplea el análisis de contorno para segmentar los dedos se basa en el cálculo de la envoltura convexa (o *convex hull*) y los *convexity defects*. Uno de los puntos favorables de esta técnica es que permite determinar con robustez cuando la mano está abierta o cerrada, uno de los requisitos del visor de fotografías desarrollado que hará posible implementar gestos naturales como: *coger, soltar* y *arrastrar*.

La envoltura convexa se define como el menor polígono convexo que recubre el contorno (véase Fig.6(a)). Por otro lado, las regiones encerradas entre la envoltura convexa y el contorno, que han sido etiquetadas de la A a la H en la Fig.6(a) son los *convexity defects*. En [16] se presentan varios algoritmos, junto a sus implementaciones en C, para calcular la envoltura convexa y los *convexity defects*. En [17] se hace lo propio para la librería OpenCV².

Cada una de las regiones definidas por los *convexity defects* queda caracterizada por tres puntos. Dos de ellos son los extremos de cada segmento que compone la envoltura convexa, y el tercero (denominado *defect*), se define en función de los otros dos, como el punto del contorno más alejado del segmento. En la Fig.6(b), los *defects* aparecen marcados en color amarillo.

Los *defects* se corresponden con la zona de nacimiento de los dedos y definen las partes más cóncavas de la mano. Son de gran utilidad junto con los vértices de la envoltura convexa para segmentar los dedos e identificar ciertas poses de la mano. En [18] se presenta un sistema basado en esta técnica capaz de segmentar e identificar cada dedo correctamente.

²Open Source Computer Vision. Es una librería con utilidades para la disciplina de Visión por Computador.

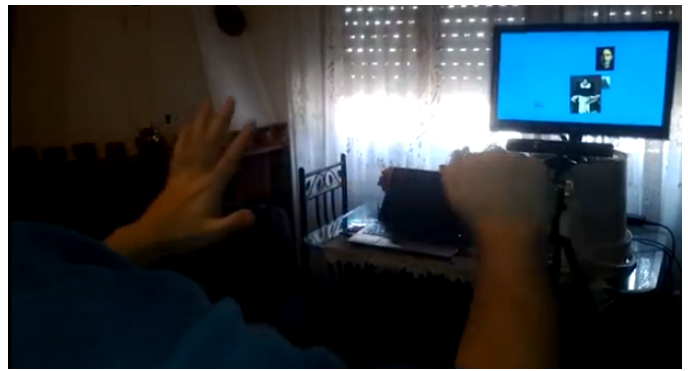
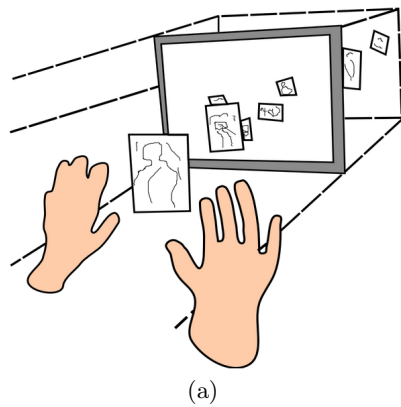


Figure 7: En (a) un boceto que recrea la interacción con el visor de fotografías. En (b) una captura realizada durante la interacción con el visor de fotografías implementado.

3. MOTIVACIÓN

Se propone desarrollar un sistema de interacción natural (en concreto un visor de fotografías inmersivo) que sirva como ejemplo de como crear experiencias de usuario intuitivas más próximas al modo de comunicación humano.

La implementación del visor de fotografías seguirá los *principios de diseño de interfaces de usuario naturales* presentados en el apartado 2.1. Así pues, el visor de fotografías tridimensional recreará un espacio virtual donde las imágenes floten, como suspendidas en el aire. Las manos, en combinación con la posición de la cabeza, permitirán navegar por dicho espacio y moverse entre los distintos *items* (fotografías). La Fig.7(a) es un boceto que sirve para plasmar el concepto de interacción propuesto.

Para entender cuál será la *organización espacial* de las fotografías en el mundo generado por el computador, basta con imaginar un prisma rectangular que se extiende desde detrás de la pantalla de proyección, atravesándola perpendicularmente, hasta un punto alejado por delante de ella. Dicho prisma imaginario, establecerá los límites del volumen donde las fotos se distribuirán aleatoriamente, e indicará el espacio real que debe ser *mapeado* en el mundo virtual. En la Fig.7(b) puede observarse una captura realizada durante la interacción con el visor de fotografías.

El seguimiento de la cabeza del usuario será clave para lograr cierta sensación de inmersión, ya que adecuará correctamente la proyección en perspectiva, atendiendo a la posición de la cabeza y a la ubicación de la pantalla de proyección.

De modo que, al moverse el usuario por la escena, el *volumen de visualización* con origen en la cabeza y que atraviesa la pantalla cambiará dinámicamente, obteniéndose un punto de vista diferente de las fotografías. El usuario tendrá la ilusión de que los elementos “*salen*” de la pantalla. El visor de fotografías desarrollado no puede considerarse un sistema de realidad virtual *puramente inmersivo*, si bien la adecuación dinámica de la perspectiva proporciona una capacidad de inmersión que no está presente en los visores de fotografías convencionales.

A diferencia de otras propuestas de interfaces de usuario naturales que utilizan las manos para desplazar un cursor sobre la pantalla (ej. *la interfaz de la consola Xbox360*, véase Fig.8), nosotros rehusamos del cursor ya que consideramos que incrementa la carga cognitiva en el proceso comunicativo, restando naturalidad, de un modo similar al enfoque de interacción tradicional basado en el uso del ratón.

Gracias al seguimiento de las manos y al reconocimiento de las poses: *mano abierta* y *mano cerrada*, es posible implementar gestos naturales como “*coger*”, “*arrastrar*” y “*soltar*”, con una o ambas manos. Con dichos gestos, el usuario desplaza todo el bloque de fotografías a la vez a través del prisma imaginario, hasta llegar a la fotografía objetivo, sin usar cursor alguno.

El visor implementado modela la interacción como un ejercicio continuo que ofrece una respuesta inmediata y coherente a los gestos del usuario. Es decir, al realizar un gesto se tienen en cuenta aspectos tales como: la velocidad, aceleración, dirección y amplitud del movimiento. En definitiva, se transmite al usuario la ilusión de que las fotografías flotan delante de él y de que puede moverse entre ellas usando sus manos, con una reacción física simulada parecida a la real.



Figure 8: Interfaz de usuario de la consola Xbox360 de Microsoft® que emplea cursor.

4. ADECUACIÓN DINÁMICA DEL VOLUMEN DE VISUALIZACIÓN

En las aplicaciones 3D tradicionales, se asume implícitamente que el usuario se sitúa estático, enfrente de la pantalla, perpendicular a ella y mirando hacia su centro. Sin embargo, en entornos virtuales como el generado por el visor de fotografías, donde el usuario se mueve por la escena, estos criterios no pueden asumirse tácitamente, debido a que ha de construirse una nueva proyección en perspectiva cada vez que la cabeza cambia de posición.

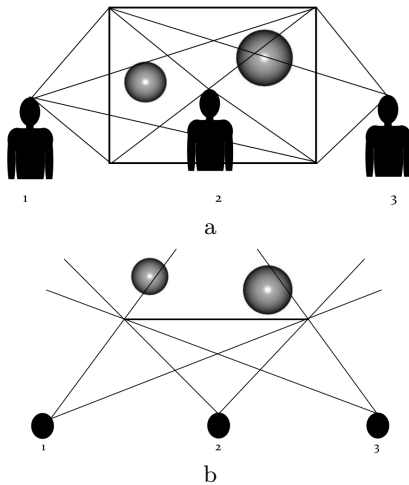


Figure 9: En (a) tres frustums diferentes según la posición del usuario y la pantalla. En (b) mismo ejemplo visto en *planta*.

Para simular cierto efecto de inmersión, hay que adecuar dinámicamente el *volumen de visualización* o *frustum*, con forma de pirámide truncada, que tiene su origen en la cabeza del usuario y que atraviesa la pantalla de proyección. Las Fig.9(a)(b) ilustran distintos *frustums* generados para diferentes posiciones de la cabeza del usuario en la escena. Como puede observarse, cuando el usuario se sitúa en el centro se genera un *frustum* simétrico que le permite ver las dos esferas completamente. No ocurre lo mismo con los otros dos *frustums* asimétricos.

4.1 Características del frustum

El volumen de visualización o *frustum* determina la región del mundo virtual que se proyecta en la pantalla y que por tanto, es visible para el usuario. Cuando el *frustum* es simétrico (véase Fig.10(a)), la línea de visión que parte de la cabeza atraviesa perpendicularmente la pantalla por el centro. Sin embargo, si el usuario se desplaza por la escena, la línea de visión no cruza el centro de la pantalla, generando un *frustum* asimétrico (véase Fig.10(b)).

Para caracterizar el *frustum* en el plano de la pantalla se emplean 4 parámetros: *left*, *right*, *top*, *bottom*, que establecen las distancias desde el punto donde la línea de visión corta el plano de la pantalla hacia los lados de ésta. La dificultad de adecuar dinámicamente la perspectiva radica en emplear un algoritmo capaz de calcular los parámetros del *frustum* a partir de la posición de la cabeza y de la pantalla. Para solventar este problema en el visor de fotografías se ha empleado la implementación propuesta en [19].

5. DETECCIÓN MANO ABIERTA Y MANO CERRADA

Los gestos de *coger*, *arrastrar* y *soltar* llevados a cabo con una o ambas manos definen el modo en que el usuario desplaza el bloque de fotografías al unísono, a través del prisma imaginario que delimita el espacio virtual. Si bien, la construcción de estos gestos depende de identificar robustamente si la mano está *abierta* o *cerrada*. Dicha identificación es resuelta por el visor implementando una solución

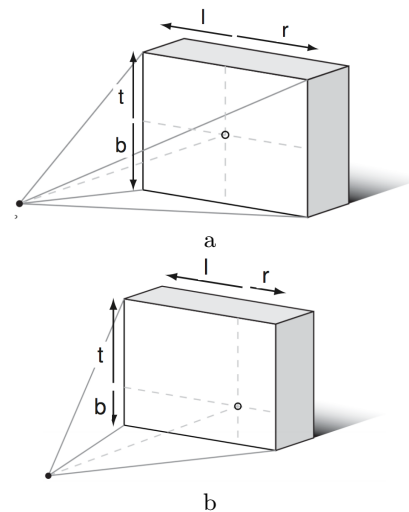


Figure 10: Parámetros característicos del frustum. En (a) Frustum *simétrico*. En (b) Frustum *asimétrico*.

basada en el cálculo de la envoltura convexa y el análisis de los *defects* (véase apartado 2.3.2), con la adición de algunas etapas de preproceso y postproceso necesarias. Las distintas fases pueden verse en la Fig. 11.

Para ser capaces de determinar cuando la mano está *abierta* o *cerrada* el análisis realizado se fundamenta en la idea de que con la mano *cerrada*, el número de *defects* tiende a cero, puesto que el contorno del puño carece de regiones cóncavas (a excepción de la zona de la muñeca). Sin embargo, con la palma extendida aparecen del orden de entre cuatro y cinco regiones cóncavas muy pronunciadas entre la envoltura convexa y el contorno de la mano. Estas regiones definen la zona de nacimiento de los dedos donde se ubican los *defects*. Por tanto, hay una importante variación en el número de *defects* entre ambas poses de la mano, constituyendo un criterio robusto para identificar si la mano está *abierta* o *cerrada*, incluso a varios metros del sensor de profundidad. Aún así, son necesarias una serie de etapas de filtrado para una identificación óptima.

Partiendo de las coordenadas del vértice que representa el *joint* de esqueleto de la mano y con la información del mapa de profundidad, puede extraerse una nube de puntos esférica, con centro en dicho vértice y radio aproximado de 11cm, que sirve para delimitar la región del mapa que alberga la mano (véase etapa 1 de la Fig 11). No obstante, el *joint* devuelto por el *tracker* no coincide con su centro de masas y la esfera recoge puntos cercanos a la muñeca que resultan conflictivos, generando *defects* no deseados cuando el puño está cerrado.

La segunda etapa del análisis solventa parte del problema de los *defects* en la zona de la muñeca. Para ello, se calcula el centro de masas de la mano (como la media aritmética de las coordenadas de todos los puntos de la esfera de la etapa 1) y después se corrige su posición, aplicándole un ligero desplazamiento en la dirección del vector con origen en el *joint* del codo y extremo en el centro de masas actual (véase etapa 2 de la Fig 11). De esta forma se evita la inclusión de parte de los puntos cercanos a la muñeca.

En las etapas 3 y 4, la nueva nube de puntos, construida a partir del centro de masas corregido, es proyectada en el

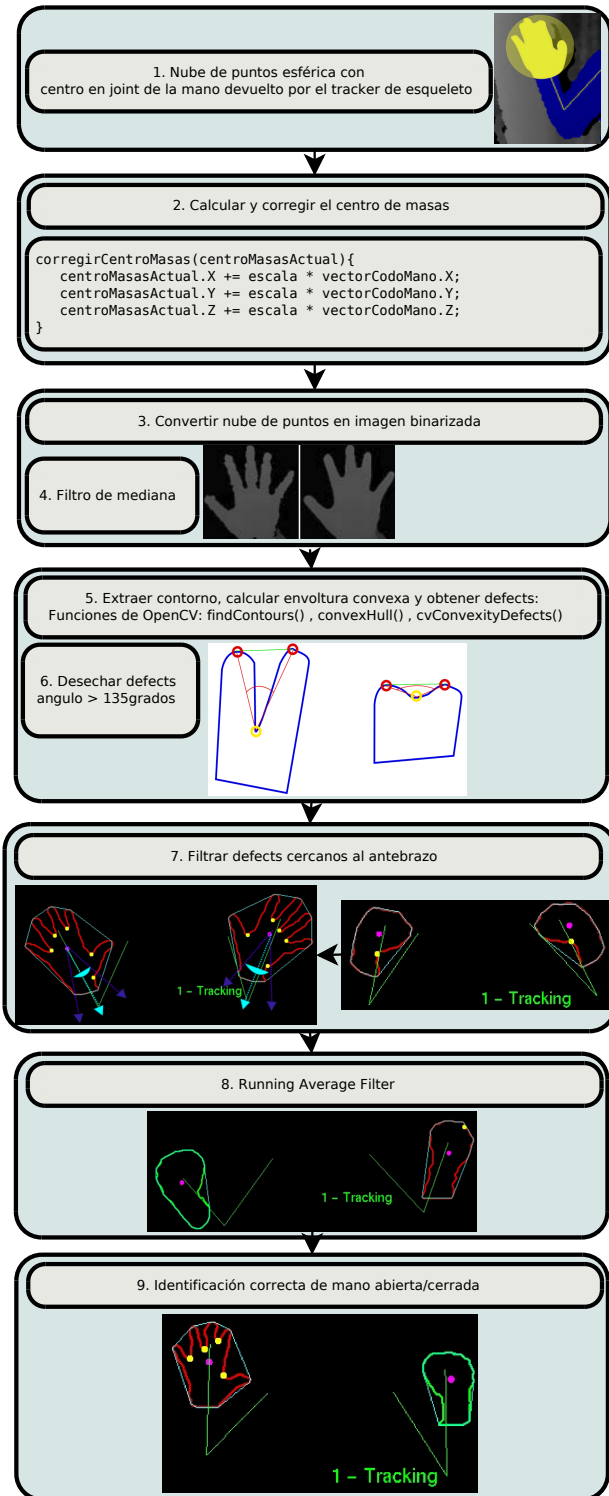


Figure 11: Etapas detección de mano *abierta/cerrada*, mediante análisis de *defects*.

plano generando una imagen binarizada de la mano, cuyos bordes son suavizados con un filtro de mediana como el expuesto en [20]. El filtro permite obtener mejores resultados en la posterior construcción de la envoltura convexa.

En las etapas 5 y 6, se extrae el contorno de la mano de la imagen binarizada y se calcula la envoltura convexa y los *defects* usando las primitivas de OpenCV: `findContours()`, `convexHull()` y `cvConvexityDefects()`. El número de *defects* resultante con el puño cerrado (de 2 a 4), se aleja de la meta de los 0 *defects*. Por lo se decide desechar aquellos que forman un ángulo $> 135^\circ$ con los vértices de la envoltura convexa (véase etapa 6 de la Fig.11). Los *defects* que quedan son suficientemente “agudos” y un buen indicio de que los dedos están extendidos.

Aunque en la etapa 2 se hizo una corrección del centro de masas para evitar *defects* conflictivos de la zona de la muñeca. Con ella, no se consiguió filtrar todos los *defects* problemáticos que se generan cerca del antebrazo, tanto con la mano *abierta* como *cerrada*. Para desechar estos *defects*, la solución es calcular el vector con origen en el centro de masas y final en la unión de esqueleto que representa el codo; y computar también un vector con el mismo punto inicial, pero con final en cada *defect*. Si el ángulo constituido por el vector con final en el codo y el vector con final en el *defect* evaluado es mayor que cierto ángulo agudo (ángulo $> 35^\circ$) el *defect* se considera válido, en caso contrario, es un punto próximo al antebrazo que se desecha por no ser fiable para determinar si la mano está abierta o cerrada. En la etapa 7 de la Fig. 11 (en la captura con ambas manos extendidas), aparecen en color morado los dos vectores que delimitan la región que encierra los posibles *defects* problemáticos.

En la etapa 8 de la Fig. 11, la mano derecha del usuario está bien identificada como cerrada (en color verde). Sin embargo, la mano izquierda, que también tiene el puño cerrado, es identificada erróneamente como abierta (en color rojo), esto se debido al criterio que determina cuando la mano está cerrada: 0 *defects* detectados. Aunque en la etapa 4 se aplicó un filtro a la imagen binarizada que suavizaba su contorno, reduciendo el ruido proveniente del sensor, en algunas ocasiones aparece fugazmente algún *defect* identificado equivocadamente, debido al todavía existente ruido de la imagen. Esto se convierte en una problema cuando la mano esta cerrada, puesto que se espera obtener 0 *defects* y no otro valor, etiquetando erróneamente el estado de la mano.

La solución consiste en hacer más robusto el sistema con un mecanismo de predicción que determine como se encuentra la mano (*abierta/cerrada*) en función de su “estado actual”, así como de aquellos por los que ha pasado recientemente. El mecanismo *Running Average Filter*, sigue este enfoque calculando la “media” de una variable, en este caso del número de *defects*, atendiendo al siguiente algoritmo:

Algorithm 1 *Running average filter*.

Require: En cada iteración:

- 1: $media_defects_{old} = media_defects$
- 2: $media_defects = \alpha \cdot defects + (1 - \alpha) \cdot media_defects_{old}$

Variando el factor de aprendizaje α se reduce o incrementa la influencia del numero de *defects* actual, con respecto a la media anterior. Esto quiere decir que con un factor de aprendizaje lento (α *pequeña*), los *defects* fugaces erróneos que puedan aparecer cuando la mano está cerrada hacen variar muy poco la nueva media en relación a la media anterior.

Por tanto, si la mano permanece cerrada durante un breve instante de tiempo (por ejemplo 5 segundos), la media de *defects* será muy cercana a 0 y menor que 1, a pesar de que se registre algún *defect* incorrecto en un momento concreto.

Por tanto, atendiendo a la salida generada por el algoritmo *Running Average Filter*, la identificación de las poses *mano abierta/cerrada* queda como sigue:

- $media_defects < 1.0$: *mano cerrada*
- $media_defects \geq 1.0$: *mano abierta*

La captura de la etapa 9 muestra un ejemplo donde la identificación de la pose se ha realizado correctamente gracias al empleo del *Running Average Filter*.

6. CONCLUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

Se ha creado un visor de fotografías tridimensional que constituye un excelente ejemplo para demostrar las ventajas de la interacción natural con respecto al enfoque tradicional. Gracias a los gestos de *coger*, *arrastrar* y *soltar*, realizados con una o ambas manos y a la adecuación dinámica del punto de vista de la escena, el usuario goza de un alto grado de conciencia sobre sus acciones y el efecto que éstas causan durante la interacción, permitiendo mantener un alto grado de coherencia con la realidad y reducir el esfuerzo cognitivo realizado mientras se mueve por el espacio en el que están dispuestas las fotografías.

El video en [21] es un ejemplo de interacción con el visor donde puede apreciarse la escasa latencia y la robustez lograda a la hora de identificar correctamente las dos poses de la *mano abierta/cerrada*. Puede observarse como la respuesta del visor a los gestos del usuario tiene en cuenta aspectos tales como: *la velocidad, aceleración, dirección y amplitud del movimiento, que la acción hecha con una mano pueda contrarrestar el gesto realizado con la otra...*

Cuando se diseñó la interfaz natural para el visor se consideró de vital importancia dotar al usuario de cierta libertad de movimiento en la escena (entre 1,5m y 4m de distancia con respecto al sensor). Si bien este aumento en la autonomía de sus movimientos, junto con la baja resolución del sensor CMOS infrarrojo, acarrea mayores problemas para la segmentación e identificación con precisión de los dedos de la mano cuando el usuario se ubicaba lejos del sensor. La técnica de análisis del contorno basada en la envoltura convexa y el estudio de los *defects* se erigió como la metodología adecuada, capaz de conseguir implementar con robustez el requisito funcional básico requerido: poder identificar cuando la mano estaba *abierta/cerrada* y de esta forma construir los gestos para *coger*, *arrastrar* y *soltar* las fotografías.

De cara a posibles trabajos futuros, debe ser una prioridad la evaluación del sistema con un buen número de usuarios finales, así como prestar atención a las evoluciones en las especificaciones *hardware* de kinect, lo que permitiría la identificación individual de los dedos y la implementación de gestos más complejos en el mismo rango de distancias. También, adoptar en un futuro enfoques tridimensionales de análisis de la mano como, por ejemplo, la construcción de la envoltura convexa tridimensional posibilitarían extraer mayor información del mapa de profundidad de la escena.

7. REFERENCES

- [1] Pentland A. Smart rooms. *Scientific American*, 274 (4), Abril 1996.

- [2] Abascal J., Aedo I., Canas J.J., Gea M., Gil A.B., Lorés J., Martínez A.B., Ortega M., Valero P., and Vélez M. *La interacción persona-ordenador*, chapter 3, pages 21–23. Jesus Lorés (Editor), C/Jaume II 69, 25001 Lleida, primera edition, 2001. ISBN 8460722554.
- [3] Eamshaw R.A., Gigante M.A., and Jones H. *Virtual Reality Systems*, pages 15–25. Academic Press, Universidad de Michigan, segunda edition, 1993. ISBN 0122277481.
- [4] Valli A. Natural Interaction White Paper, Abril 2007.
- [5] Chang B. and Ungar D. Animation: From Cartoons to the User Interface. *UIST'93: User Interface Software and Technology*, pages 45–55, Noviembre 1993.
- [6] Gerken J., Jetter H., and Reiterer H. Natural User Interfaces: Why we need Better Model-Worlds, not Better Gestures. *CHI 2010 (Atlanta)*, Abril 2010.
- [7] Weiser M. and Brown J.S. Designing calm technology. Technical report, Xerox PARC, Diciembre 1995.
- [8] www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/.
- [9] www.ros.org/wiki/kinect_calibration/technical/.
- [10] www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/develop/.
- [11] www.openni.org/.
- [12] Shotton J. et al. Real-Time Human Pose Recognition in Parts from Single Depth Images. Technical report, Microsoft Research Cambridge & Xbox Incubation, 2011.
- [13] Comaniciu D. and Meer P. Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(5), Mayo 2002.
- [14] Argyros A.A., Kyriazis N., and Oikonomidis I. Efficient Model-based 3D Tracking of Hand Articulations using Kinect. *BMVC-22th British Machine Vision Conference*, University of Dundee, UK, Septiembre 2011.
- [15] Trigo T.R. and Pellegrino R.M. An Analysis of Features for Hand-Gesture Classification. *IWSSIP -17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing*, 2010.
- [16] O'Rourke J. *Computacional Geometry in C*, chapter Convex Hulls in 2D (3). Cambridge University Press, segunda edition, 1998. ISBN 0521649765.
- [17] Bradski G. and Kaehler A. *Learning OpenCV*, chapter Contours (8). O'Reilly Media, primera edition, 2008. ISBN 9780596516130.
- [18] Maldeni K., Wijesundera L., Morris J., and Jawed K. Gesture Recognition using High Resolution Stereo. *IVCNZ-26th International Conference Image and Vision Computing*, Auckland, Nueva Zelanda, 2011.
- [19] Kooima R. Generalized Perspective Projection, Agosto 2008.
- [20] Bradski G. and Kaehler A. *Learning OpenCV*, chapter Image Processing (5), pages 109–115. O'Reilly Media, primera edition, 2008. ISBN 9780596516130.
- [21] <http://www.youtube.com/watch?v=b0g7xVbY6-M>.

Analizador de Señales Inerciales para Tracking de Pies y Manos

Ernesto de la Rubia
Dep. de Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga
Málaga, España
34-952 13 71 80
ernestodelarubia@uma.es

Antonio Diaz-Estrella
Dep. de Tecnología Electrónica
Universidad de Málaga
Málaga, España
34-952 13 27 31
adiaz@uma.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta una herramienta que facilita sustancialmente el desarrollo y la evaluación de algoritmos de tracking inercial para interacción en Realidad Virtual inmersiva. La aplicación captura y representa las señales inerciales en dos dimensiones a través de un cronograma y en 3 dimensiones a través de vectores. Además implementa varios algoritmos de tracking y representa en un entorno 3D la trayectoria, la posición y la orientación de pies y manos. Tanto la aplicación como su código fuente se ponen a disposición de la comunidad.

Categorías y Temas de Interés

H.5.1 [Interfaces de información y presentación]: Sistemas de información multimedia – *realidad artificial, virtual y aumentada*.

Términos Generales

Algorithms, Design.

Keywords

Sensores inerciales, trackers, Realidad Virtual.

1. INTRODUCCION

Los sensores inerciales han experimentado un gran éxito en los últimos años. Están presentes en multitud de sistemas que nos rodean en nuestra vida cotidiana como videoconsolas, smartphones y tablets. También están cobrando una importancia creciente en Realidad Virtual. Un ejemplo es la aparición de sistemas de captura de movimiento basados en tecnología inercial (<http://www.xsens.com/>) que suponen una alternativa competitiva frente a los tradicionales sistemas de captura ópticos. Éstos proporcionan mayor precisión mientras que los inerciales no necesitan una infraestructura de soporte que proporcione referencias; además el área de tracking no queda limitada. Por otra parte los sensores inerciales resultan mucho más económicos que los sistemas de tracking óptico.

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

Los sensores inerciales proporcionan la orientación sin errores de deriva; utilizan como referencia el campo magnético terrestre y la fuerza de la gravedad. Este es el motivo por el que el área de tracking no queda limitada al usar este tipo de sensores. Para proporcionar las medidas de orientación, integran información de 3 acelerómetros, 3 giroscopios y 3 magnetómetros colocados de forma ortogonal. Aunque, es frecuente ignorar las medidas de los magnetómetros en interiores ya que el campo magnético terrestre es muy débil y sufre fuertes distorsiones en presencia de dispositivos eléctricos y objetos metálicos.

Además de la orientación, los sensores inerciales pueden estimar también la posición. Para ello se aplica una doble integral a la aceleración que resulta al compensar el efecto de la gravedad que debe ser sustraído de las lecturas del acelerómetro. Esto se debe a que la aceleración registrada es una combinación de la fuerza de la gravedad que no da lugar a movimiento y de la fuerza aplicada al sensor que sí contribuye a desplazarlo.

Este planteamiento lleva a proporcionar estimaciones de la posición a partir de la última posición estimada (dead reckoning) y esto implica la existencia de un error de deriva en la posición que se acumula y crece con el tiempo. A causa de esta dificultad, es frecuente encontrar en la literatura estudios en los que se renuncia al tracking de posición para hacer reconocimiento de gestos [5] o bien se integran sensores inerciales con otros tipos de trackers (ópticos, acústicos, etc.) que proporcionan referencias absolutas para evitar el error de deriva en la posición. Este tipo de planteamiento tiene el inconveniente de incrementar el coste del sistema y de limitar el área de tracking al alcance del dispositivo emisor que proporciona las referencias absolutas en las que se basa la estimación de la posición.

Sin embargo, hay ocasiones en las que se usan exclusivamente sensores inerciales para estimar la posición. Un ejemplo es la navegación inercial (pedestrian dead reckoning) en la que se aprovecha el hecho de que el pie descansa regularmente en el suelo para corregir el error de deriva en la velocidad estimada y reajustar las estimaciones anteriores de posición. Este proceso se asocia en la literatura al término *zero velocity updates*. Estas técnicas se utilizan para localización en interiores y comienzan a utilizarse también en Realidad Virtual para que el usuario pueda desplazarse en el entorno virtual del mismo modo que en la vida real, andando físicamente (navegación natural) [1].

Nuestra línea de investigación persigue el objetivo de introducir interacción natural en sistemas de Realidad Virtual inmersivos ofreciendo plena libertad de movimientos. Por ello, hemos comenzado el desarrollo de algoritmos de tracking para estimar la posición y la orientación de manos y pies utilizando

exclusivamente sensores inerciales. El trabajo realizado en esta línea ha dado lugar a un entorno de desarrollo capaz de funcionar en tiempo real. Este entorno, combina la captura y el procesado de señales inerciales con los efectos de dicho procesado en un entorno virtual 3D. A continuación se describe esta herramienta detallando sus características y presentando los algoritmos de tracking implementados. Finalmente, las conclusiones y las líneas futuras se exponen en la sección 3.

2. ANALIZADOR DE SEÑALES INERCIALES (ASI)

El ASI es una herramienta que se desarrolla en un proyecto de investigación para obtener el máximo partido de los sensores inerciales en el campo de la Realidad Virtual. Su objetivo principal es asistir en el proceso de diseño, desarrollo y depuración de algoritmos para interacción 3D. Concretamente, se ocupa del tracking de posición y orientación para pies y manos a partir de sensores inerciales.

Combinando estos algoritmos de tracking con sensores inerciales inalámbricos, el usuario podrá interactuar de modo natural en entornos virtuales teniendo plena libertad de movimiento. Aunque este es el fin con el que se plantea la aplicación y cada uno de los módulos que la componen, esta herramienta puede ser útil en otros ámbitos como el desarrollo de aplicaciones para smart phones o en trabajos de investigación relacionados con localización en interiores usando navegación inercial.

La aplicación se compone de varias etapas que aparecen en el esquema funcional de la Figura 1. En primer lugar se muestrean los sensores para obtener datos en tiempo real o bien, se cargan desde ficheros para realizar procesado en tiempo diferido. A continuación se adaptan dichos datos para ser representados en gráficas 2D y mediante vectores 3D cuando sea necesario. En la siguiente etapa, se realiza el procesado de los datos mediante los módulos especificados en la configuración para proporcionar la trayectoria, la posición y orientación de cada pie y de cada mano. (tracking). Finalmente, se crea un entorno 3D en el que se representan las trayectorias y se anima el movimiento de pies y manos. Además es posible navegar con el teclado para cambiar la perspectiva de esta representación 3D.

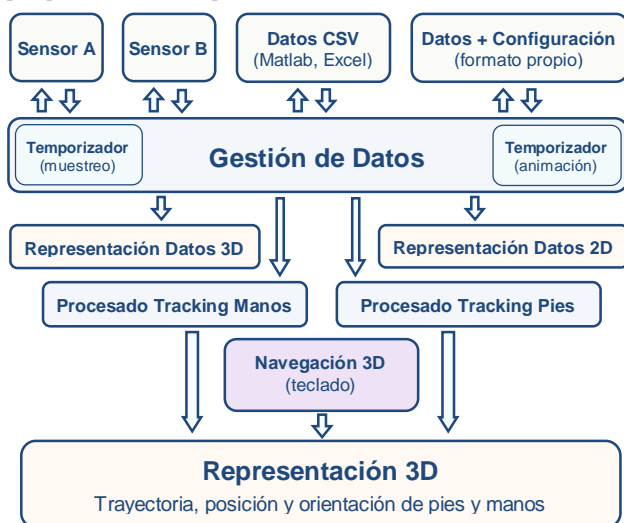


Figura 1. Esquema funcional del ASI.

La interfaz principal de la aplicación se muestra en la Figura 2 y consta de varias secciones. Destacan tres regiones con fondo oscuro destinadas a la representación gráfica de señales 2D, vectores 3D y trayectorias de pies y manos. Una de ellas ocupa la mayor parte de la ventana para resaltar los detalles de la representación.

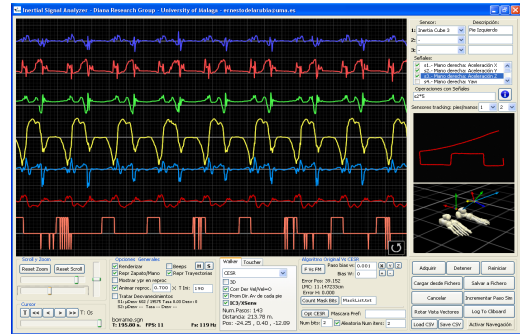


Figura 2. Interfaz principal de la aplicación.

En la parte derecha es posible configurar el número de sensores usados así como el tipo de cada uno. Además una lista de elementos seleccionables permite al usuario elegir las señales a representar (con independencia de esta selección se capturarán todas las señales). Por otra parte, se da la opción de establecer una asociación entre cada sensor y el pie o la mano correspondiente (izquierda o derecha). La última opción accesible desde el panel derecho permite especificar operaciones entre señales.

En la parte inferior es posible especificar el nivel de zoom, desplazar la gráfica 2D y el cursor temporal. Aparecen además opciones generales de configuración e información útil como el tiempo de simulación, la frecuencia de muestreo o el número de imágenes por segundo del renderizado 3D. Mediante las pestañas *Walker* y *Toucher* es posible especificar el modo de funcionamiento (tracking de pies o manos), acceder a opciones específicas de configuración y a parámetros particulares de cada modo de funcionamiento como por ejemplo el número de pasos o la distancia total recorrida. La siguiente sección de la región inferior es un área de propósito general que resulta útil para incluir los controles que van siendo necesarios durante el desarrollo y depuración de nuevos módulos. El máximo partido de la herramienta se obtiene modificando el código fuente para crear nuevos algoritmos de interacción 3D. Finalmente, en la parte inferior derecha aparecen las opciones que dan acceso a las funciones principales de la aplicación.

2.1 Características

El ASI se ha adaptado durante su desarrollo a las necesidades que han surgido al implementar y evaluar algoritmos de tracking 3D para interacción. Las características de la herramienta que han resultado más útiles para este fin, se presentan con detalle en este apartado.

Gestión de hasta 3 sensores inerciales y captura de 27 señales. La aplicación está diseñada para trabajar con sensores inerciales que incorporen tres acelerómetros, tres giroscopios y tres magnetómetros proporcionando así nueve señales por sensor: Tres componentes de aceleración, tres velocidades angulares y la orientación del sensor a través de los ángulos yaw, pitch y roll.

Dos de los tres sensores se asocian a manos o pies. Se permite trabajar con un tercer sensor para analizar información de los movimientos de la cabeza al usar un casco de Realidad Virtual.

La aplicación gestiona sensores *InertiaCube3* de *Intersense* (<http://www.intersense.com>) y sensores *SpacePoint* de *PNI Sensor Corporation* (<http://www.pnicorp.com>). Para trabajar con otro tipo de sensores es posible usar la siguiente opción.

Sensor Genérico: Inclusión de nuevos sensores. Entre los tipos de sensores soportados por la aplicación se encuentra el sensor genérico. Se trata de un mecanismo para trabajar con cualquier tipo de sensor sin más que implementar una librería de vínculos dinámicos (DLL) que permita inicializar, obtener datos y liberar recursos del sensor que se desea utilizar en el ASI.

Interoperabilidad con Microsoft Excel y Matlab. Es posible cargar y salvar ficheros de tipo csv (valores separados por comas). Esto permite el intercambio de información con aplicaciones como Microsoft Excel o Matlab, lo que resulta especialmente útil para complementar al ASI con otro tipo de tareas que quedan fuera de su ámbito como por ejemplo hacer un análisis estadístico. Adicionalmente los datos capturados pueden salvarse a disco en un formato propio de la aplicación que incluye la configuración especificada por el usuario para cada traza.

Representación de señales 2D. Por cada sensor inercial se capturan 9 señales (orientación, aceleración y velocidad angular). El usuario puede elegir hasta 6 señales para representarlas simultáneamente. Adicionalmente, se representan señales resultantes del procesamiento posterior asociado al tracking que resultan interesantes para evaluar los algoritmos, por ejemplo la velocidad o el estado de reposo/movimiento. En la Figura 2 aparece la representación de señales 2D correspondientes a varios pasos.

Representación de Vectores 3D. En ocasiones, no resulta sencillo apreciar las características de interés en la representación 2D; por ejemplo, cuando se considera la dirección de la aceleración. En estos casos la representación tridimensional de vectores resulta especialmente útil. El ASI muestra los vectores de aceleración y velocidad en el sistema de coordenadas global; la aceleración en el sistema de coordenadas local del sensor y la orientación del sensor a través de los ejes del sistema de coordenadas local del sensor. Además los vectores se representan aplicados en cada mano o pie y se ofrecen varias perspectivas para facilitar la percepción de la dirección y del módulo de cada vector. La Figura 3 muestra un ejemplo de esta opción.

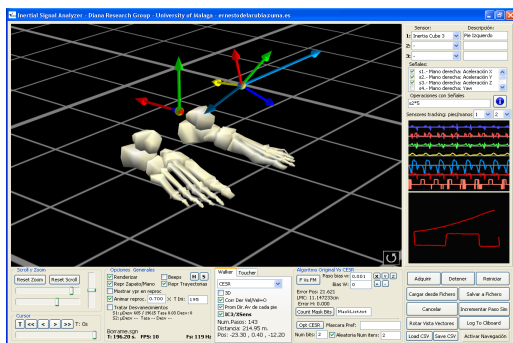


Figura 3. Representación de vectores 3D.

Implementación de módulos de tracking para manos y pies. Además de capturar y representar los datos, ASI implementa varios algoritmos de tracking que estiman la posición y la orientación de pies y manos. El resultado de estos algoritmos se representa mediante el trazado de trayectorias 3D y la animación de modelos 3D de manos y de zapatos.

Navegación con teclado para explorar resultados 3D. ASI permite utilizar el teclado para navegar por el espacio 3D donde se representan las trayectorias y los modelos de zapatos y manos. El investigador puede colocar el punto de vista en la posición más adecuada para facilitar la comprensión de los movimientos y evaluar las estimaciones de los algoritmos de tracking.

Representación en tiempo real y diferido. La aplicación está concebida para trabajar íntegramente en tiempo real. Así, en cada instante de muestreo los datos se representan en 2D y en 3D además de procesarse por el correspondiente algoritmo de tracking configurado. Los resultados del tracking son a su vez, representados en tiempo real.

Para facilitar el desarrollo de estos algoritmos de tracking es posible salvar los datos capturados a disco para procesarlos posteriormente. De este modo, una vez cargados los datos de disco, el ASI puede procesarlos como si se estuviesen capturando en tiempo real. Esto da lugar a una animación de todo el proceso.

Control de la velocidad y del instante inicial del reprocesado. Una vez cargados los datos de una traza el ASI puede animar el reprocesado a distintas velocidades y/o comenzar la animación a partir del instante especificado. Esto resulta especialmente útil para comprender aspectos dinámicos de los movimientos y para depurar los algoritmos de tracking.

Modo de procesado muestra a muestra. De modo similar a la depuración paso a paso de algoritmos en entornos de programación, el ASI permite ejecutar los algoritmos de tracking muestra a muestra mientras se observa la evolución de las señales 2D, los vectores 3D así como los cambios de orientación, posición y trayectoria de pies y manos.

Operaciones con señales. Una vez capturadas, las señales pueden operarse de distintos modos para dar lugar a una señal resultado que se representará a su vez en el cronograma 2D. Las señales pueden sumarse, restarse, multiplicarse y dividirse muestra a muestra. También es posible sumar o multiplicar señales por valores constantes. Otras opciones disponibles son el promediado de señales; realizar la correlación de dos señales especificando el número de muestras a considerar y aplicar un valor umbral.

Scroll y Zoom en cronograma 2D. Es posible visualizar hasta siete señales simultáneamente en el cronograma 2D. Sin embargo en ocasiones es necesario ampliar una señal concreta para estudiar determinados eventos. Con este objetivo se proporcionan barras de zoom y desplazamiento que permiten un ajuste preciso de estos parámetros.

Cursor temporal / espacial. Existe una relación directa entre la forma de las señales y las estimaciones de posición y orientación que proporcionan los algoritmos de tracking. Para ayudar al investigador a comprender el comportamiento de estos algoritmos ante determinados eventos en las señales, se puede utilizar el cursor temporal-espacial. Éste asocia a cada instante del cronograma 2D una posición 3D en la estimación de trayectoria proporcionada por el algoritmo de tracking aplicado.

2.2 Estimación de Posición y Orientación de los Pies (Pedestrian Tracking)

El ASI implementa tres algoritmos de tracking para los pies. Un algoritmo básico que compensa la aceleración de la gravedad e integra la aceleración dos veces; el algoritmo propuesto por [4] que aplica el filtrado extendido de Kalman y la modificación propuesta en [3] que ha sido desarrollada utilizando el propio ASI. En este método se aplica un reseteo selectivo de la matriz de error de covarianza (CESR) durante el filtrado de Kalman. Los tres algoritmos estiman la posición en base a posiciones anteriores lo que da lugar a errores de deriva que se acumulan y aumentan al transcurrir el tiempo. Estos errores se compensan en parte al detectar que el pie está en reposo sobre el suelo ya que entonces la velocidad es cero y esto permite corregir las estimaciones de velocidad y posición calculadas hasta ese momento. Esto da lugar a correcciones en la trayectoria. El método CESR reduce la longitud de dichas correcciones dando lugar a estimaciones más precisas, lo que redundará en un aumento del intervalo de tiempo en el que las estimaciones de posición y orientación pueden considerarse válidas. De los algoritmos considerados, se selecciona este método por ser el más preciso como solución más adecuada para el tracking inercial en tiempo real que requiere el sistema de Realidad Virtual objetivo. La figura 4 muestra trayectorias obtenidas con el método CESR.

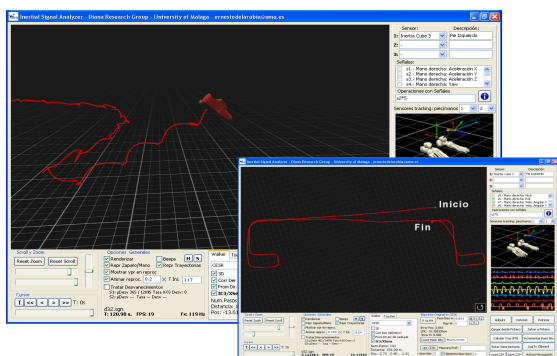


Figura 4. Trayectorias estimadas con el método CESR al subir una escalera (izq) y en un recorrido de 140m (der).

2.3 Estimación de Posición y Orientación de las manos (Hand Tracking)

Actualmente el ASI integra un único algoritmo para el tracking de manos y se encuentra en desarrollo. La figura 5 muestra ejemplos de trayectorias obtenidas en pruebas preliminares.

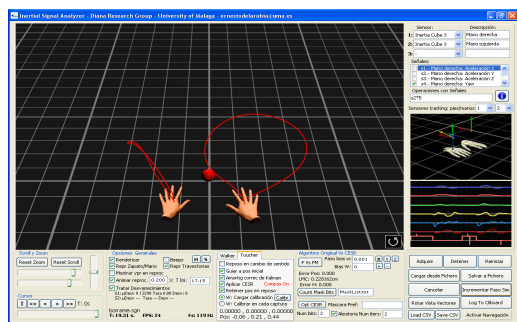


Figura 5. Trayectorias estimadas al simular la pulsación de un botón y al hacer un barrido de derecha a izquierda.

El algoritmo se basa en método CESR [3] para prolongar los intervalos de tiempo en los que las estimaciones de posición y orientación pueden considerarse válidas. Los errores de deriva se controlan asumiendo que el usuario vuelve a la posición de reposo inicial cada dos segundos aproximadamente. Se plantea así un paradigma de interacción rápida en el que el usuario podría pulsar botones o realizar barridos volviendo siempre a la posición inicial de referencia tras cada acción. Una de las dificultades a superar es la detección de estados de reposo y el tratamiento de los mismos teniendo en cuenta que la mano no queda completamente quieta. Por otra parte, estudiar la trayectoria que describe la mano puede resultar muy útil al diseñar paradigmas de interacción, por ejemplo al seleccionar y deselegionar objetos virtuales [2].

3. CONCLUSIONES

Se ha presentado una herramienta que ha sido creada con el objetivo de desarrollar algoritmos de tracking puramente inercial para sistemas de Realidad Virtual inmersiva en los que el usuario tenga plena libertad de movimiento e interactúe de modo natural. Dicha herramienta captura, representa y procesa señales de sensores inerciales mediante distintos algoritmos de tracking para pies y manos. Las estimaciones de posición y orientación de estos algoritmos se representan en entornos 3D mediante trayectorias 3D y animando modelos de pies y manos. La herramienta continúa en desarrollo y entre las próximas tareas se encuentra la creación de paradigmas de interacción gestual para Realidad Virtual inmersiva y la realización de pruebas en las que se comparen tracking inercial y óptico para determinar la precisión de los algoritmos desarrollados. En la página web del proyecto Orion [6] se pone a disposición de la comunidad esta herramienta así como su código fuente (C++).

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por la Junta de Andalucía y por el proyecto CENIT *España Virtual* liderado por *Elecnor Deimos* dentro del programa *Ingenio 2010*.

5. REFERENCIAS

- [1] Bachmann, E.R., Zmuda, M., Calusdian, J., Yun, X., Hodgson, E. and Waller, D. 2012. Going anywhere anywhere: Creating a low cost portable immersive VE system. *Conference on Computer Games (CGAMES), 2012 17th International*. 108-115.
- [2] Choumane, A., Casiez, G., and Grisoni, L. 2010. Buttonless clicking: Intuitive select and pick-release through gesture analysis. *Proceedings - IEEE Virtual Reality*. 67-70.
- [3] de la Rubia, E. and Diaz-Estrella, A. 2013. Improved pedestrian tracking through a Kalman covariance error selective reset. *Electronic Letters*. 49, 7 (Mar, 2013), 464-65.
- [4] Fischer, C., Sukumar, P.T. and Hazas, M. 2012. Tutorial: implementation of a pedestrian tracker using foot-mounted inertial sensors. *IEEE Pervasive Computing*.
- [5] Hoffman, M., Varcholik, P. and LaViola, J. 2010. Breaking the status quo: Improving 3D gesture recognition with spatially convenient input devices. *Proc. of VR 2010*, 59-66.
- [6] Proyecto Orion: One more step in virtual reality interaction <http://www.diana.uma.es/orion> (acceso abril de 2013).

E-READER Y LITERATURA CIENTÍFICA ELECTRÓNICA. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN A USUARIOS PROFESIONALES

Carolina Navarro-Molina
Instituto de Documentación y
Tecnologías de la Información
(INDOTEI)
Universidad Católica de Valencia San
Vicente Mártir
Valencia
canamillo@gmail.com

Antonio Vidal-Infer
Departamento de Historia de la
Ciencia y Documentación
Universidad de Valencia
Avda. Blasco Ibáñez 15
46010 Valencia
+34 963864560
antonio.vidal-infer@uv.es

Adolfo Alonso Arroyo
Departamento de Historia de la
Ciencia y Documentación
Universidad de Valencia
Avda. Blasco Ibáñez 15
46010 Valencia
+34 963864957
adolfo.alonso@uv.es

Juan-Carlos Valderrama-Zurián
Instituto de Documentación y
Tecnologías de la Información
(INDOTEI)
Universidad Católica de Valencia San
Vicente Mártir
Valencia
jvzurian@gmail.com

Rafael Aleixandre-Benavent
Consejo Superior de Investigaciones
Científicas (CSIC)
Plaza Cisneros 4
46003 Valencia
+34 963926274
rafael.aleixandre@uv.es

RESUMEN

Pese a que en el ámbito académico la lectura digital de revistas electrónicas está muy extendida, el empleo de medios digitales para el consumo de libros científicos es aún muy limitado debido a la necesidad de realizar una lectura de trabajo durante más tiempo y a problemas de usabilidad y de diseño de las interfaces. En este trabajo se aborda el grado de satisfacción de uso del e-reader, el tipo de lecturas que se realizan en estos dispositivos y el nivel de conocimiento, uso y satisfacción con la colección digital de las bibliotecas universitarias. Para ello se ha realizado una encuesta digital dirigida a personal de bibliotecas y Profesor Docente Investigador (PDI) de las 14 universidades públicas españolas que durante el curso 2011-2012 impartieron docencia en los estudios de biblioteconomía y documentación. Los resultados muestran que pese a que el uso del e-reader está muy extendido, el ordenador sigue siendo el dispositivo más empleado para la lectura y consulta del libro científico digital.

Categorías y Descriptores

H.5 [Information Interfaces and Presentation]

Términos Generales

Factores Humanos

Palabras clave

e-book, libro electrónico, e-reader, encuesta de usuarios, bibliotecas digitales universitarias.

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

1. INTRODUCCIÓN

Según los datos del observatorio de la lectura y del libro [1], más de la mitad de los españoles lee empleando diferentes medios digitales. En el caso del e-reader, esta tendencia al alza se ha manifestado de forma moderada pero continua y se ha visto favorecida por la aparición de una oferta de dispositivos amplia, con precios cada vez más competitivos, el incremento de libros y temáticas y un evidente interés de las editoriales por dar mayor impulso a las ediciones electrónicas de sus textos frente a las de papel.

En el ámbito académico, la lectura electrónica de artículos científicos ha experimentado toda una revolución, aunque no ha sucedido lo mismo con los libros digitales que las universidades ponen a disposición de estudiantes, docentes e investigadores. A pesar del evidente interés en contar con una colección digital universitaria que permita múltiples consultas simultáneas sin restricciones por causas de horarios o ubicación física [2], los textos de determinada extensión en los que se realiza una lectura de trabajo necesitan superar dificultades relativas al diseño y a aspectos asociados a la interacción persona-ordenador para ser empleados con mayor asiduidad [3].

Desde que en la década de los noventa apareció la primera generación de e-reader, persiste el interés por conocer el modo en el que los usuarios perciben su experiencia lectora en estos dispositivos [4] [5], abordando posibles problemas de usabilidad [6] o de comprensión lectora [7]. Este segundo enfoque ha centrado su atención en los libros de texto y, más en concreto, en su uso el ámbito universitario. Para ello se han empleado metodologías distintas [8], aunque en la mayor parte de los casos, interrogando a los estudiantes [9] [10] y al personal docente e investigador (PDI) [11].

El objetivo de este estudio es averiguar el grado de satisfacción con el uso del e-reader en el ámbito universitario español y el empleo de éste para la lectura de texto académico, tomando para

ello en consideración la opinión del PDI y del personal de las bibliotecas universitarias.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se diseñó una encuesta online mediante la tecnología Google Drive. Para validar la corrección y el diseño del formulario se realizó un pilotaje con 5 usuarios. Tras la caracterización de los dos perfiles de usuarios encuestados, según edad, sexo, nivel de formación y universidad de pertenencia, se interrogó sobre los

dispositivos e-reader más utilizados y las razones para tener uno, la frecuencia de uso, las características más destacadas, los aspectos que requieren mejoras, el tipo de soporte escogido para la lectura de distintos materiales y el grado de conocimiento y uso de la colección digital de la biblioteca universitaria de pertenencia.

La muestra quedó conformada por usuarios pertenecientes a las 14 universidades públicas españolas que han impartido estudios de biblioteconomía y documentación (diplomatura, licenciatura, grado, máster o doctorado) durante el curso 2011-2012. Se tuvieron en cuenta dos perfiles de usuarios: docentes/investigadores y personal de bibliotecas. En el primer caso, se enviaron correos electrónicos a todos los profesores que durante el mencionado curso impartieron docencia en esta área. En el segundo caso, se contactó con todo el personal de las bibliotecas de las universidades de la muestra (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de participación de universidades

Universidad participante	Tasa respuestas PDI	Tasa respuestas biblioteca
A Coruña	11,6%	13,8%
Alcalá de Henares	10,0%	13,6%
Barcelona	17,5%	8,9%
Carlos III	22,9%	12,2%
Complutense	19,6%	6,9%
Extremadura	14,7%	12,0%
Granada	7,3%	6,8%
León	19,0%	8,8%
Murcia	16,7%	10,1%
Politécnica de Valencia	23,1%	18,8%
Salamanca	18,8%	5,4%
Sevilla	11,1%	8,0%
Valencia	39,3%	21,6%
Zaragoza	18,2%	6,5%
TOTAL	17,8%	10,1%

Se contó con la colaboración de 282 participantes, 77 investigadores docentes y 205 personal de bibliotecas, de los cuales 186 eran mujeres (66%) y 96 hombres (34%), con una media de edad de 46 años. El 43% de ellos disponía de un e-reader frente al 57% que no. Fueron considerados usuarios expertos los poseedores de un lector desde hace más de 6 meses.

Dispositivos de interacción para el desarrollo de interfaces

La mayor parte de los encuestados tenían formación superior (55% son licenciados, el 19% son doctores, el 7% han finalizado un máster y el 12% son diplomados) y un 6% tenía titulación no universitaria.

La encuesta fue realizada entre los meses de Julio y Septiembre de 2012.

3. RESULTADOS

3.1. Preferencias sobre el dispositivo e-reader.

A) Dispositivos más empleados

Respecto al tipo de dispositivo adquirido, predominan frente al resto, Amazon Kindle y Sony, que suponen más de la mitad de los e-reader de los entrevistados propietarios de estos dispositivos (54,9%). En lo referente a la antigüedad de uso de los dispositivos de lectura de libros electrónicos, la mayor parte de los entrevistados poseedores de e-reader (68%) son usuarios experimentados, con más de 6 meses de uso (Tabla 2).

Tabla 2: Dispositivos e-reader más utilizados

Modelo	Total	>1 año	6 meses-1 año	1-6 meses	<1 mes
Kindle	28,7%	8	14	12	1
Sony	26,2%	13	4	10	5
Papyre	12,3%	13	0	1	1
booq	6,6%	6	1	0	1
Tablet	4,9%	3	2	1	0
Energy System	2,5%	3	0	0	0
Inves	2,5%	2	0	0	1
Otros	16,4%	10	4	5	2
TOTAL	122	58 (47,5%)	25 (20,5%)	29 (23,8%)	11 (9%)

B) Razones por las que no se posee un e-reader

Las dos razones principales por las que no se posee un e-reader fueron la preferencia por el papel respecto a medios digitales (51%) y no haber contemplado la posibilidad de su adquisición (42%).

3.2. Satisfacción de uso de los e-reader.

A) Frecuencia del uso del dispositivo

Respecto a la frecuencia de uso del dispositivo, la mayor parte de los entrevistados propietarios de un e-reader lo utiliza a diario (48,3% personal bibliotecario, 45,7% PDI).

B) Ventajas e inconvenientes del uso de un e-reader

Los usuarios resaltan como la característica más satisfactoria del e-reader la posibilidad de transportar un número significativo de libros en un único dispositivo (85%), su facilidad de uso (84%) y el bajo peso (82%). El análisis cualitativo de las respuestas abiertas puso de manifiesto que también se valoraron positivamente otros aspectos no especificados en la encuesta, tales como el ahorro de espacio físico, la posibilidad de modificar el tamaño de letra, especialmente entre los usuarios cuya franja de edad se sitúa entre los 41 y 51 años, el hecho de disponer de un diccionario y, en el caso de aquellos dispositivos con control

táctil, destacaron la comodidad que les aporta a la hora de realizar una lectura ergonómicamente fluida

Según los entrevistados, los principales aspectos negativos del uso de un e-reader son la incompatibilidad con algunos formatos, especialmente el PDF (36%), el precio de los dispositivos (27%), así como la imposibilidad de tomar notas (23%). Asimismo, el análisis de las respuestas abiertas puso de manifiesto otros aspectos relacionados con el funcionamiento de un dispositivo electrónico (lentitud en el reinicio, cansancio de la vista) y con la comparación respecto a la experiencia lectora en papel, destacando aquellas funciones que no les ofrece el e-reader (hojear rápidamente el contenido, visualización del título, autor y páginas).

3.3. Lecturas en el e-reader

La mayor parte de los entrevistados poseedores de un dispositivo e-reader lo emplean para la lectura de literatura (92%), libros académicos (27%) y artículos científicos (25%). El ordenador es el soporte preferido para la lectura de artículos científicos (60,7%); prensa y revistas (54,9%), mientras que el papel presenta unos valores similares para todos los tipos de lectura, a excepción de los artículos científicos (Tabla 3).

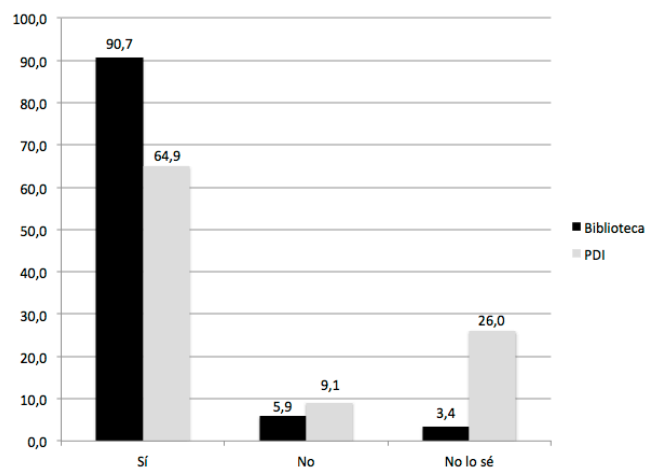
Tabla 3. Selección de plataformas y libros para la realización del test de usuarios

Soporte	Literatura	Libros académicos	Artículos científicos	Prensa, Revistas	Cómics
E-Reader	91,8%	27,0%	25,4%	13,9%	1,6%
Ordenador	21,3%	27,0%	60,7%	54,9%	2,5%
Papel	41,8%	46,7%	25,4%	49,2%	36,9%

3.4. Biblioteca digital universitaria

A) Grado de conocimiento de la colección de libros electrónicos de su biblioteca universitaria

La mayoría de los entrevistados conoce la disponibilidad de colecciones de libros electrónicos en su biblioteca universitaria, siendo el grado de conocimiento mayor en personal bibliotecario (90,7%) que en PDI (64,9%) (Figura 1).

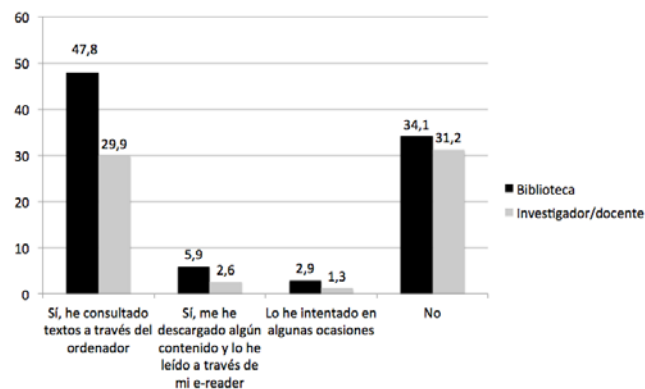


*Porcentaje calculado sobre el total de los entrevistados (Bibliotecas=205; PDI=77)

Figura 1: Grado de conocimiento de la colección de libros electrónicos de su biblioteca universitaria

B) Grado de uso de la colección de libros electrónicos de su biblioteca universitaria

Sin embargo, al ser preguntados por el uso de dichas colecciones, existe un alto porcentaje de entrevistados (34,1% Personal bibliotecario, 31,2% PDI) que nunca han utilizado estos recursos en las bibliotecas de su universidad (Figura 2).



*Porcentaje calculado sobre el total de los entrevistados (Bibliotecas=205; PDI=77)

Figura 2: Grado de uso de la colección de libros electrónicos de su biblioteca universitaria

C) Frecuencia de uso de la colección de libros electrónicos de su biblioteca universitaria

Respecto a la frecuencia de uso de los libros electrónicos que ofrece la biblioteca de la universidad donde trabajan, los entrevistados manifestaron consultar esta colección de forma ocasional o muy esporádica en la mayor parte de los casos.

El análisis cualitativo de la respuesta abierta respecto a las razones por las que no se hace uso de la colección digital de su biblioteca reveló que los entrevistados consideraron que los contenidos ofertados en dicha colección no se adecuaban a sus necesidades de información, ya que éstas son muy específicas.

D) Grado de satisfacción con la colección de libros electrónicos de su biblioteca universitaria

La mayoría de los usuarios coinciden en que los aspectos positivos que tiene el uso de la colección digital son los relacionados con la accesibilidad, la inmediatez de acceso al documento y la comodidad de no desplazarse a la biblioteca. Respecto a los aspectos negativos, señalan algunos aspectos que son propios del uso del e-reader y no de la colección (cansancio visual, formatos restrictivos y dependencia de la tecnología).

4. CONCLUSIONES

Tal y como se recoge en el informe del Observatorio Español de la Lectura y el Libro [1], el e-reader también cuenta con un grado de implantación óptimo en la comunidad universitaria encuestada si se tiene en cuenta que cerca de la mitad de los entrevistados poseen un dispositivo (43%). Además, pueden considerarse como usuarios expertos ya que el 68% de ellos dispone de un lector desde hace más de 6 meses y la mayor parte hace un uso diario del mismo. Aquellos encuestados que no cuentan con un dispositivo

de estas características destacan las reticencias a su uso por considerar el papel el soporte adecuado para la lectura.

Respecto a los tipos de lectura habituales en el dispositivo, sus usuarios lo emplean principalmente para la lectura de obras literarias, si bien el ordenador sigue siendo el medio preferido para el consumo de textos académicos. Además, el ordenador permite la realización de tareas de gestión (subrayado, toma de notas, etc.), algo necesario en el tratamiento de textos académicos y que resulta complejo en e-reader. Otro punto débil destacado fue la posible incompatibilidad con el formato PDF, muy extendido en el mundo académico.

Sin embargo, los dispositivos específicos para la lectura electrónica cuentan con una serie de ventajas, tales como el ahorro de espacio y el fácil transporte así como la posibilidad de modificar el tamaño de la fuente, característica destacada por los usuarios de mayor edad.

La mayor parte de los usuarios encuestados son conocedores de la existencia de colecciones de libros electrónicos en las bibliotecas universitarias donde trabajan pero no hacen un uso frecuente de ellas ya que consideran que bien no disponen de los materiales especializados que precisan, o bien no los necesitan. En cuanto al grado de satisfacción, los usuarios reconocen las ventajas de disponer de una colección de libros electrónicos y los puntos débiles señalados son los derivados de los soportes empleados para su acceso, como el cansancio visual, la demora en la descarga, limitación de impresión o disponer de tiempo de consulta limitado.

Así pues, pese a la progresiva generalización del e-reader como dispositivo lector, el empleo de éste para el consumo de literatura científica aún no está generalizado y requiere de modificaciones que afecten al diseño de la interfaz del lector y a una mayor difusión de la colección disponible en las bibliotecas universitarias de este tipo de material.

5. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Cultura. Observatorio de la lectura y del libro. 2012. Situación actual y perspectivas del libro digital en España II. La producción española de libros digitales y su distribución y venta en la red. DOI=http://www.mcu.es/libro/docs/MC/Observatorio/pdf/situacion_librodigital_2.pdf.
- [2] Woody, W. D., Daniel, D. B. and Baker, C. A. 2010. E-books or textbooks: Students prefer textbooks. *Comp. Educ.* 55, 945-948. DOI=<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1838953>.
- [3] Navarro Molina C., Vidal-Infer A., López Gil J. M., Valderrama Zurián J. C. and Aleixandre Benavent R. El libro científico electrónico. Arquitectura de la información y puntos de referencia. En: Actas del XIII Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador (Interacción 2012). Elche: Centro de Investigación Operativa. Universidad Miguel Hernández, 329-332.
- [4] Chu, H. 2003. Electronic books: view points from users and potential users. *Libr. Hi Tech* 21, 3, 340-346. DOI=<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=861385>.
- [5] Gibson, Ch. and Gibb, F. 2011. An evaluation of second-generation ebook readers. *Electron. Libr.* 23, 3, 303-319. DOI=<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1927543>.
- [6] Richardson, J. V. Jr. and Mahmood, K. 2012. eBook readers: user satisfaction and usability issues. *Libr. Hi Tech* 30, 1, 170-185. DOI=<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=17020881>.
- [7] Grezeschik, K., Kruppa, Y., Marti, D. and Donner, P. 2011. Reading in 2110 reading behavior and reading devices: a case study. *Electron. Libr.* 29, 3, 288-302. DOI=<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1927542>.
- [8] Wilson, R. and Landoni, M. 2001. Evaluating electronic textbooks: a methodology. *Lect. Notes Comput. Sc.* 2163, 1-12. DOI=http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F3-540-44796-2_1#page-1.
- [9] Berg, S. A., Hoffmann, K. and Dawson, D. 2010. Not on the same page: undergraduates' information retrieval in electronic and print books. *J. Acad. Libr.* 36, 6, 518-525. DOI=<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099133310002168>.
- [10] Letchumanan, M. and Tarmizi, R. A. 2011. E-book utilization among mathematics students of University Putra Malaysia (UPM). *Libr. Hi Tech* 29, 1, 109-121. DOI=<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1902195&show=html>.
- [11] Carlock, D. M. and Perry, A. M. 2008. Exploring faculty experiences with e-books: a focus group. *Libr. Hi Tech* 26, 2, 244-254. DOI=<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1729333>.

GUI Generation from Wireframes

Óscar Sánchez Ramón,
Jesús García Molina
University of Murcia
Murcia, Spain
{osanchez,jmolina}@um.es

Jesús Sánchez Cuadrado
Autonomous University of
Madrid
Madrid, Spain
jesus.sanchez.cuadrado@uam.es

Jean Vanderdonckt
Catholic University of Louvain
Louvain-La-Neuve, Belgium
jean.vanderdonckt@uclouvain.be

ABSTRACT

Wireframes are useful for discussing and refining the user interface of a new application. After the client has validated the GUI, frequently developers have to spend time on recreating the GUI in a development environment for a specific language, and then the created wireframes are discarded. We propose a model-based approach to infer the high level layout of the GUI based on wireframes in order to be able to generate a proper final GUI for different technologies.

Categories and Subject Descriptors

D.2.7 [Software Engineering]: Distribution, Maintenance, and Enhancement; H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces

Keywords

Wireframing, Layout inference.

1. INTRODUCTION

Sketching and wireframing are useful as a communication medium between clients and developers in early stages of designing the user interface (UI) of applications. Sketching is rapid, freehand drawing to represent initial design ideas that are not intended of becoming part of a finished product. Wireframing is a visual guide we use to suggest the contents and structure of the views as well as the relationships between those views, which is refined until an agreement is reached. Both allow developers to focus purely on functions and user interactivity, laying aside irrelevant details (such as visual themes). Both techniques are complementary and supported by computer tools. After the refinement phase, the user interface becomes more or less stable. Then, most wireframing tools can generate an interactive mockup which can be used for demos and usability testing.

The mockups created with wireframing tools can serve as a starting point for creating the final user interface. In fact,

there are tools¹ that take mockups and generate code for different target technologies and platforms. This relieves developers from spending time on recreating the UI in a development environment. However, the generated code does not always have the desired quality since frequently the implicit graphical relations between the UI elements are neglected.

Our work aims at generating quality code from wireframes, and more specifically, it is focused on the layout inference of the UI. We present a model-driven approach to reverse engineering a wireframe in order to extract implicit relations between the elements and be able to generate a proper UI for different target technologies. The approach has the following benefits: i) the solution is integrated with existing wireframing tools, so developers or event clients can use tools they are used to; ii) the solution can be used with independence of the source (wireframing tool) and target (GUI toolkit); iii) the wireframing tool user does not have to take care of perfect alignments since they are inferred; iv) the target code generated automatically will follow the best practices in engineering.

We have implemented a prototype that supports our approach for WireframeSketcher as a wireframing tool, and Java Swing as a target toolkit.

In the next section we briefly present the related work. Section 3 shows the scenario of use. In Section 4 the layout inference approach is presented, and the prototype that results from this approach is commented in Section 5. The paper finishes with the conclusions and related work.

2. RELATED WORK

Sketching and wireframing techniques have been proved to be useful in early stages of UI design. In [5], the authors show the benefits of sketching for leveraging the user creativity when designing. In [7] it is claimed that sketching allows taking one design idea at a time and then work it out in details. Sketching is also useful to explore a set of alternatives which are narrowed after several iterations [6]. There are other works, like [13] with state that sketching can be useful to detect usability issues.

Though sketching and wireframing can be applied manually, computer-assisted tools are frequently preferred due to their benefits for editing and deleting the created elements. Therefore, there is a large amount of software tools devoted to sketching [9] and wireframing [2].

Given that wireframing tools are used to refine the concepts that come out of sketching, they frequently often some

¹For example, *Reify* [10] generates code for Balsamiq [2] mockups.

facilities to generate mockups and prototypes. In [4] a tool for creating UIs at different fidelity levels is presented. This tool supports the creation of prototypes and outcomes a UI description in terms of a platform-independent User Interface Description Language (UIDL) called UsiXML. There are available tools to generate a final UI for different platforms based on UsiXML models, such as mobile or web platforms.

As to the field of layout discovery, our work is partly based on the model-driven approach introduced in [12] for inferring the layout of Rapid Application Development environments (RADs). In [11] authors propose an approach to generate a web interface from mockups. In their approach, the user must select the layout type to be used, whereas in our case the layout types are inferred and the best layout arrangement is selected. Another related work in this area is that of presented in [8], which proposes the use a mathematical model based on linear programming, to represent the GUI layout constraints.

3. SCENARIO OF USE

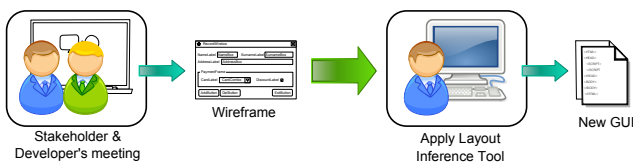


Figure 1: The scenario of use

Figure 1 show the scenario of use of the proposed approach. Firstly, stakeholders and developers have a series of meetings to discuss about some user interface concerns such as the contents to show, the overall layout of the contents, or the interaction required. Developers will iteratively refine the interface with the wireframing tool they take to or they are used to, and after the meetings a validated wireframe will be available.

In this step wireframing tools are expected to be used, thought sketching tools can also be used in an initial phase of brainstorming.

Then, a developer loads the file in the development environment (if the wireframing tool is not already integrated in that environment) and it automatically generates the GUI code for a specific target technology. The code can then be manually tuned if needed and it is integrated in the new system.

4. LAYOUT INFERENCE

Figure 2 shows the transformation chain that we apply to obtain a final GUI for a concrete technology from a wireframe designed with a wireframing tool (i.e. the second step in Figure 1). Please note that the chain has been made specific for a concrete wireframing tool (WireframeSketcher) and a concrete target widget toolkit (Java Swing), though any other source and target technologies are also possible. Next we explain the steps (arrows in the picture) involved in the process.

Source model normalisation

The first step normalises the output obtained from the wireframing tool so it can be used as an input of our process. It consists of transforming the concepts of the wireframing tool to a generic model that contains common GUI concepts such as windows, panels, text boxes, buttons and so forth. With regard to the output of the wireframing tool, two cases are possible. The first one is that the tool outcomes a model that conforms to a defined metamodel, so a model transformation is required to perform the mapping to the generic wireframing model. The second case is that the wireframing tool generates a file that does not conform to any available metamodel. In this case a model injection from the source file can be achieved by using tools such as Gra2MoL [3].

Note that the normalisation step is rather straightforward since in most cases there is a one-to-one mapping between the source and the generic elements. The normalisation step brings us independence of the source technology, so the rest of the approach can be easily reused no matter the wireframing tool.

Region extraction

A view (such as a window or a web page) can be seen as a composition of parts (maybe implicit) that give a structure to the widgets that are in the view. From now on we will refer to these parts of the views as *regions*. The region extraction goal is twofold, identify regions and make the containment explicit:

- **Region identification.** It consists of explicitly create regions for those graphical elements that are used to visually group widgets. For example, think of a group of widgets which are in a panel surrounded by a border.
- **Explicit containment.** In some cases elements are not actually contained in a container, but they are overlapped. For example, there could be a panel with a border that visually contains some widgets but they are all overlapped on a window at the same level without any nesting.

Both, region identification and explicit containment enable matching the layout 'physical' and visual structure, what greatly simplifies the reverse engineering algorithms.

The outcome of this step is a Region Model. This is a model that adds additional information to a Generic wireframe Model to make explicit the visual containment relationships between widgets. In a Region Model, every GUI element is represented by a region, that is a rectangular area of the GUI which is defined by means of coordinates. Moreover, additional regions are created to group spatially-related widgets. Region models have three main features: i) every GUI element is associated with a region defined by two pairs of coordinates, ii) container and non-container widgets must not exist at the same level (i.e. a region annotating a container cannot be a sibling of a region annotating a non-container), and iii) overlapped regions are not allowed. Further explanation about the region identification can be found in [12].

Make positioning relative

A coordinate-based positioning system is not desirable, since coordinates are technology-dependant and are not well displayed across technologies. Moreover, they are not flexible

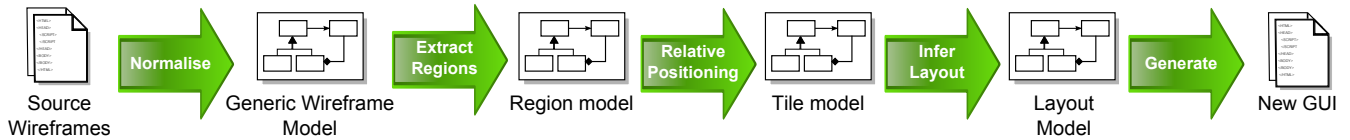


Figure 2: The layout inference approach

enough to perform beautification-wise actions, such as dynamic resizing. A relative positioning-system that represents relationships between elements would be preferable.

For this reason, this step aims at moving the positioning system from coordinates to relative positions. The outcome of this step is the Tile Model, which is used to represent the relative positions among the elements by means of a directed acyclic graph. In this graph, the nodes (called **tiles**) represent GUI elements (regions or widgets such as text boxes) and the edges (**relations**) represent the relative position between a pair of tiles.

When a tile represents a region, then it contains a graph composed of the regions or widgets they belong to that region. Tiles that represent widgets will not contain any graph. Additionally, tiles include information about the percentage of width and height they take out of the container dimension, and the percentage of separation from the container boundaries.

Relations have three main attributes to represent the spatial relations. The first attribute is the Allen interval for the X-axis, the second one is the Allen interval for the Y-axis and the third one is the closeness value. The Allen intervals [1] express the spatial relationships for a pair of segments in one dimension. For example, the *MEETS* interval indicates that the end of the first segment meets the beginning of the second segment, and the *CONTAINS* interval means that the second segment is strictly contained in the first one. Be aware that the relations are directed, i.e. the source and the target nodes of the relation are distinguished, and this indicates how to interpret the Allen intervals. The closeness value is a discrete estimation (e.g. *VERY_CLOSE*, *CLOSE*, *FAR*, etc.) of the separation of the pair of connected elements, so all the relations with a more or less similar distance will be marked with the same closeness value. Note that the Allen intervals also express the alignment between a pair or related tiles.

Layout inference

Based on the relative positioning graph (the Tile Model), the layout inference algorithm is applied to get a high level representation of the layout in the form of a Layout Model.

The main idea of the devised algorithm consists of generating all the possible permutations of a predefined set of layout patterns and checking for each sequence if we can meet a solution by applying the layout patterns in the order specified by the sequence. A solution sequence is a composition of layouts that covers all the nodes of the graph representing the position of the elements of a portion of the view. Then each different solution that is found is assessed by a fitness function. The fitness function returns a score based on the layout types and how they are combined. For example, it will score a grid layout better than a simple flow layout. The best solution will be the solution with the best

fitness value. This approach has the advantage of offering a list of alternative solutions, which could be interesting to know different implementation options and manually guide the later restructuring process.

As we have mentioned, the pattern matching engine matches layout patterns against a graph. The layout patterns implemented are four:

- **Horizontal / Vertical flow:** select the nodes that are connected by only one outgoing edge with the $xInterval / yInterval$ equals to *BEFORE* or *MEETS*.
- **Grid:** searches recursively for 2×2 node-subgraphs connected among them so they form a rectangular grid topology of $n \times m$ nodes. There is a constraint that the nodes inside the grid cannot contain edges that point to nodes outside the grid, only the border nodes of the grid are allowed to have connections to the nodes outside the grid.
- **Border:** analyses the graph looking for subgraphs containing some of the following areas: north, south, east, west, centre. For example, a subgraph with just a part aligned to the left (east) and a part aligned to the right (west) would match.

The process of matching the layout patterns of the sequence is performed according to the closeness levels. The algorithm defines a current closeness level which is used to limit the relations which the patterns are matched against, so only the relations with a closeness level equals or lower than the current level are candidates to be matched. Therefore, at first the current level is the lowest level, so the layouts in the sequence are applied to the relations with the lowest level. If there are no matches, then the current level is increased and the sequence is applied to the relations marked with the lowest level and the next one. If there are no matches, then and so forth. Note that this makes a partition of the graph in connected components, so each connected component is a subgraph of the original graph where all the edges have a closeness level equals or less than the limit.

When the sequence has been tried with all the closeness levels and there have been no matches, the algorithm stops since no solution can be found by applying such sequence.

As a result of this step, a Layout Model which represents the design of the views in terms of composite layouts is achieved.

GUI code generation

The information contained in the Layout model is rich enough to generate the GUI layout for any technology. This last step is aimed at generating the GUI code for the target technology or platform. This can be done either by directly

generating the final GUI code with a code generator or by performing a M2M transformation prior to the generation phase. Given the semantic gap between the Layout model and the technology concepts is reduced, both approaches are suitable in most cases.

Another option for generating code for a concrete technology or reusing available third-party tools would be to transform the Layout model into a third-party representation, such as an UIDL defined by a metamodel. For example, we can implement a M2M transformation from the Layout metamodel to the UsiXML metamodel to take advantage of the available code generators.

It is worth noting that the Layout model makes the approach independent of the target technology. For each new target technology to be supported, a code generator (or M2M transformation plus code generator) will be required. Fortunately, implementing such generator will not often require a big effort but it will be relatively straightforward.

5. THE TOOL

We have developed a prototype of the tool that runs as an Eclipse plugin. For the time being, the wireframing tool supported is WireframeSketcher [14] and the target toolkit is Java Swing, though in the future other source tools and target APIs/toolkits will be available. WireframeSketcher is a wireframing tool that helps designers to quickly create wireframes, mockups and prototypes for desktop, web and mobile applications. It can be executed as a desktop application as well as a plug-in for any Eclipse IDE. WireframeSketcher outputs an Ecore model conforming to a predefined metamodel which is available in the distribution. Figure 3 shows an example of the WireframeSketcher view in the Eclipse IDE. Stakeholders and developers meet and create an initial GUI (with the help of WireframeSketcher) which is discussed and iteratively refined until it is validated. Then, the developer puts the GUI model in a Eclipse project and runs our plugin after selecting the Java Swing toolkit as a target technology. Finally, the final GUI code is automatically generated in that project. Figure 4 shows the Swing window as a result of the execution of the generated Java class. Note that the generated code respects the layout, the gaps between the widgets and the alignment with regard to the window.

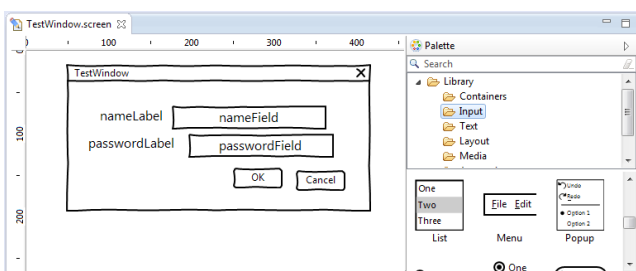


Figure 3: WireframeSketcher test window

6. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In this paper we have outlined the model-driven approach we have devised to perform reverse engineering of the layout of wireframes, which can be integrated with existing

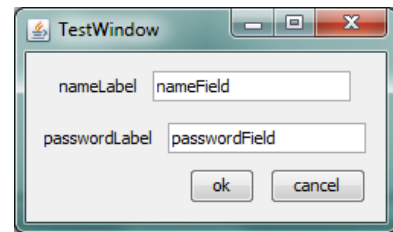


Figure 4: Java Swing test window

wireframing tools and allows us to generate new GUIs for different toolkits. We have implemented a prototype of the approach that takes wireframes created with WireframeSketcher and generates Java Swing GUIs.

As a future work we will improve the prototype of the tool to support additional source and target technologies. We will conduct an experiment with users to check whether the generated layout matches the idea that these users had in mind when designing a suggested test case.

7. REFERENCES

- [1] J. F. Allen. Maintaining knowledge about temporal intervals. *Commun. ACM*, 26(11):832–843, 1983.
- [2] Balsamiq. <http://www.balsamiq.com>.
- [3] J. L. Cánovas and J. García. A domain specific language for extracting models in software modernization. In *ECMDA-FA'09*, 2009.
- [4] A. Coyette, S. Faulkner, M. Kolp, Q. Limbourg, and J. Vanderdonckt. Sketchxml: towards a multi-agent design tool for sketching user interfaces based on usixml. In *TAMODIA'04*. ACM, 2004.
- [5] A. Coyette, S. Kieffer, and J. Vanderdonckt. Multi-fidelity prototyping of user interfaces. In *INTERACT'07*. Springer-Verlag, 2007.
- [6] B. Hartmann et al. Design as exploration: creating interface alternatives through parallel authoring and runtime tuning. In *UIST'08*. ACM, 2008.
- [7] G. Johnson, M. D. Gross, J. Hong, and E. Yi-Luen Do. Computational support for sketching in design: A review. *Found. Trends Hum.-Comput. Interact.*, 2(1):1–93, Jan. 2009.
- [8] C. Lutteroth. Automated reverse engineering of hard-coded gui layouts. In *AUIC'08*, volume 76. ACS, 2008.
- [9] M. W. Newman et al. Denim: an informal web site design tool inspired by observations of practice. *Hum.-Comput. Interact.*, 18(3):259–324, Sept. 2003.
- [10] Reify. <http://www.smartclient.com/product/reify.jsp>.
- [11] J. M. Rivero, G. Rossi, J. Grigera, J. Burella, E. R. Luna, and S. Gordillo. From mockups to user interface models: an extensible model driven approach. In *ICWE, ICWE'10*. Springer-Verlag, 2010.
- [12] O. Sánchez Ramón, J. Sánchez Cuadrado, and J. García Molina. Model-driven reverse engineering of legacy graphical user interfaces. In *ASE'10*, 2010.
- [13] M. Walker, L. Takayama, and J. A. Landay. High-fidelity or low-fidelity, paper or computer? choosing attributes when testing web prototypes. In *HFES 46th annual meeting*, 2002.
- [14] Wireframesketcher. <http://wireframesketcher.com>.

Usabilidad y Diseño Centrado en el Usuario

<i>Keyboard-Card Menus: Faster Learning of Many Fast Commands.</i> Benjamin Berman y Juan Pablo Hourcade (L)	105
<i>Usability of Vision-Based Interfaces.</i> Cristina Manresa-Yee, Esperança Amengual y Pere Ponsa (L)	113
<i>The Application of Situation Awareness-Oriented Design to the Smart Grid Domain.</i> Rosa Romero-Gómez, Sara Tena, David Diez y Paloma Díaz (L)	119
<i>User-centered design for industrial designers.</i> Pere Ponsa, Kevin Garvin, Fernanda Gonzalez, Raíssa Neves, Larissa Santos, Antoni Granollers y Ramon Vilanova (C)	127
<i>Towards Advanced Visual Representation of Human Affect for QoE Research.</i> Isabelle Hupont, Eva Cerezo, Sandra Baldassarri y Rafael Del-Hoyo (C)	131
<i>Propuesta de Actividades para el Desarrollo Centrado en el Usuario de Aplicaciones e-Government.</i> Esteban Sánchez Rivera y José Antonio Macías Iglesias (C)	135
<i>Aplicaciones de VoIP para móviles: propuesta de un instrumento de evaluación centrado en el usuario.</i> Roland Fermenal, Laura Godoy, Albert Ribelles y Mari-Carmen Marcos (CP/EE)	139
<i>Viabilidad de la metodología de evaluación heurística adaptada e implementada mediante Open-HEREDEUX .</i> Lluçia Masip, Francisco Jurado, Toni Granollers, Marta Oliva, Teresa Trepàt y Carlos Lozano (CP/EE)	143
<i>Mejoras en accesibilidad software de la herramienta AVIP.</i> Covadonga Rodrigo San Juan, Noé Vázquez González y Marta Vázquez González (CP/EE)	147

Keyboard-Card Menus: Faster Learning of Many Fast Commands

Benjamin Berman
University of Iowa
Department of Computer Science
14 MacLean Hall
Iowa City, Iowa 52242, USA
benjamin-berman@uiowa.edu

Juan Pablo Hourcade
University of Iowa
Department of Computer Science
14 MacLean Hall
Iowa City, Iowa 52242, USA
juanpablo-hourcade@uiowa.edu

ABSTRACT

We present a study comparing “keyboard-card” menus’ presentation of non-traditional shortcuts with a presentation of these same shortcuts that uses dropdown menus. Keyboard-card menus are a new type of menu system in which potentially hundreds of menu items are arranged in sets of keyboard patterns that are designed to be navigated using only a computer keyboard’s character keys, for fast access. In selecting items from these menus, novice users physically rehearse the same actions that an expert would use. The data from our study shows that keyboard-card menus have significant advantages over dropdown menus in making the transition to expert use faster.

Categories and Subject Descriptors

H.5.m [Information interfaces and presentation (e.g., HCI)]: Miscellaneous.

General Terms

Human Factors, Design, Measurement

1. INTRODUCTION

Keyboard-card menus are a new type of menu we have developed which present menu items in a computer-keyboard shaped arrangements. They are designed to be navigated using the keyboard, and in doing so users end up learning shortcuts. Our testing shows significant advantages over a presentation of these same shortcuts that uses dropdown menus. Our ultimate goal in working on keyboard-card menus is to develop a system that avoids making tradeoffs between three properties: how easy the system is to learn, how efficiently experts are able to select menu items, and how many menu items are easily accessible.

While widely-used interaction techniques often support two of these three properties, they do so at the expense of the third, which can be considerably limiting for certain tasks

and people. Consider an example we had in mind while developing the menu: undergraduate college students writing and manipulating mathematics. Many of these students do not have the time to learn an unfamiliar, non-WYSIWYG (what-you-see-is-what-you-get) system like *LaTeX*, but also need an efficient system since they are asked to write many equations in homework assignments (especially if they are asked to “show their work”), and they need to be able to access many mathematical symbols. Handwriting recognition systems might be much easier to learn, but even if the system’s recognition accuracy is 100%, in our opinion handwriting speed is a low bar for efficiency (14 to 15 year old students’ handwriting, when copying, has been measured as averaging only 118 characters per minute or, at 5 characters per word, 24 words per minute [7]). WYSIWYG systems like *Mathematica* and Microsoft *Word*’s equation editor allow use of either the mouse or keyboard shortcuts to select symbols from menus and toolbars. While this might be seen as supporting both novice and expert users, since keyboard shortcuts can provide speed advantages once learned, it has been shown that, in general, many users never make the transition to using shortcuts, even in heavily used applications like *Word* [14].

Writing and manipulating mathematics is not the only application where the users would need to be quickly trained to efficiently select from a large number of menu items. Novice writers of other sorts of code could benefit as well; for instance, novice HTML coders must spend considerable time learning which tags to select from the large number available. We suspect that there are many other sorts of activities, particularly in data entry, classification, and retrieval, that could be made more practical by supporting a better balance between efficiency and learnability in applications where items must be selected from a large pool.

In the next section, we describe how keyboard-card menus present menu items, how they are navigated, and some related work. We go on to describe our study, which compared keyboard-card menus with dropdown menus, and discuss its results, which show significant advantages for keyboard-card menus. Keyboard navigation for keyboard-card menus (and keyboard navigation for the dropdown menus in our study) is unusual in that users are required to press and hold character keys (i.e. to use the character keys themselves as modifier keys); we call these interactions “rolled-chords,” or “rolled-chord shortcuts”. We therefore include a discussion of the advantages and disadvantages of this approach relative to other ways the keyboard might be used in navigating the

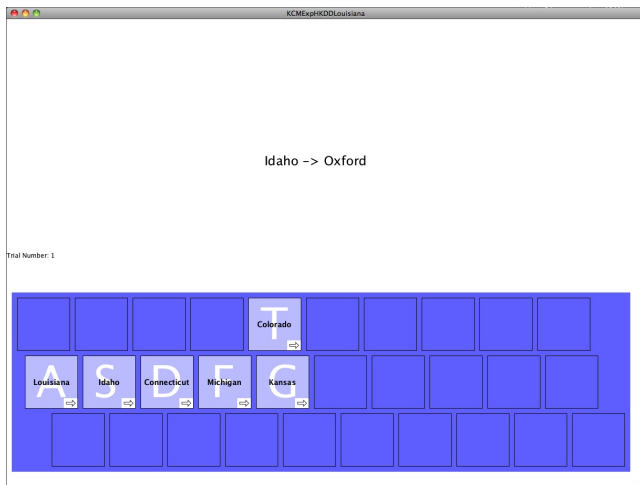


Figure 1: One of the two keyboard-card menu root cards used in the study, with a prompt for the participant. A small arrow in the corner of each key indicates that there is a submenu associated with that key. Participants in the study did not have to rely on this design detail.

menus.

2. KEYBOARD-CARD MENU DESIGN

2.1 Keyboard-Card Menus

Inspired in part by work on keyboard-based menus for wearable computers, seen in [16], we have developed keyboard-card menus which lay out menu items in keyboard patterns that *show* users what keys to press, instead of simply listing menu items with shortcut key names; in principle, at least, users do not even need to know the name of the key they want to press. (An example keyboard-card menu—one used in the study described below—is shown in the lower half of Figure 1, and in Figure 2).

More specifically, the menu system consists of colored “keyboard-cards”, each of which serves as a submenu (except for one card that serves as a root menu). Each keyboard-card has printed on it a set of squares arranged in a keyboard pattern. Printed on top of some (potentially all) of these squares are the menu items that can be selected by pressing the corresponding keys. To make the affordances of the menu system more obvious to users, squares with menu items are also a lighter color than the rest of the card and each square corresponding to a submenu has an arrow in the bottom right corner. As a secondary mechanism for associating the menu item with the key, and to make it even more obvious to users that they should use the keyboard rather than the mouse, each square with a menu item also has the corresponding key’s character printed in white in a large font, behind the menu item text.

Initially, when no keys are pressed, only the root card, with top-level menu items, is visible (as in the lower half of Figure 1). Whenever a key corresponding to a submenu (rather than a leaf in the hierarchy) is pressed—and held down—that submenu’s keyboard-card is placed on top of the existing card(s), slightly offset to show the number of keyboard-cards below it (as in Figure 2, which would be

displayed while the S key is held down). Releasing that key hides that keyboard-card again. (Although the issue was ignored in our study, since no more than two cards, including the root card, were “stacked” at a time, releasing a key to hide a keyboard-card would most likely also just hide any cards on top of it, even if the keys associated with those cards were still pressed). Holding down a key corresponding to a leaf in the menu hierarchy, in addition to performing whatever action is assigned, thickens the outline of the corresponding square on the fully-visible top card.

Because menu item selection is performed entirely from the keyboard, without the user having to move his hands, it can be very efficient. In addition, simply by navigating the menu hierarchy, users end up practicing, and thereby learning, shortcuts needed to access menu items, and may actually stop needing the menu altogether. This idea of “physical rehearsal”—teaching and reinforcing the physical act of using a shortcut during the process of navigating a menu hierarchy—can be found in work on gestures and “marking menus” by Kurtenbach and Buxton [11, 13].

2.2 Rolled-Chord Shortcuts

The term “rolled-chord” comes from western classical music and refers to playing several notes together but initiating them at different times. Here we use the term to refer to pressing multiple computer keys at the same time, but initiating the presses in a particular order. However, while this term could be used to describe shortcuts involving special modifier keys (e.g. Ctrl-X, Alt-F4, Ctrl-Shift-S, etc.) we use the term to describe shortcuts where the modifier keys may in fact be letter keys. (In applications where users need to type normal text, we assume that a separate mode would exist, as with the text editor *vi*). For instance, one might press *and hold* the F key, then press *and hold* the D key, and, finally, press the J key to select some particular menu item. In this paper, we consider only rolled-chord shortcuts using the letter keys plus the semicolon, comma, period, and forward slash keys on a QWERTY keyboard, since avoiding the use of special modifier keys has the advantage of reducing hand movement and therefore potentially increasing speed.

Rolled-chords are to be contrasted with “standard” chording in which the exact order of key presses does not matter because it is assumed that key presses are initiated simultaneously. Standard chording may be used to achieve high speeds of data entry—on specialized keyboards, text entry speeds of up to 300 words per minute are possible [22]. While one would expect standard chording to be faster because no time is needed to ensure a particular ordering of key presses, ordering does provide more potential shortcuts and, in particular, more shortcuts that may be accessed without moving one’s fingers off the home row of keys. Furthermore, for sequences of shortcuts where the initial keys are identical, we can allow users to hold down those initial keys while pressing and releasing the final keys; for instance, over the course of entering the sequence of shortcuts “F-J, F-K, F-J”, the F key does not need to be released.

Rolled-chord shortcuts may also be contrasted with the use of short sequences of typed characters (e.g. “: q ENTER” is used to quit in *vi*). While such sequences remove limitations on the numbers of shortcuts that can be provided, rolled-chords, even using only two-key sequences, still provide hundreds of possible shortcuts (we suspect that having more than three, and possibly more than two, keys per short-

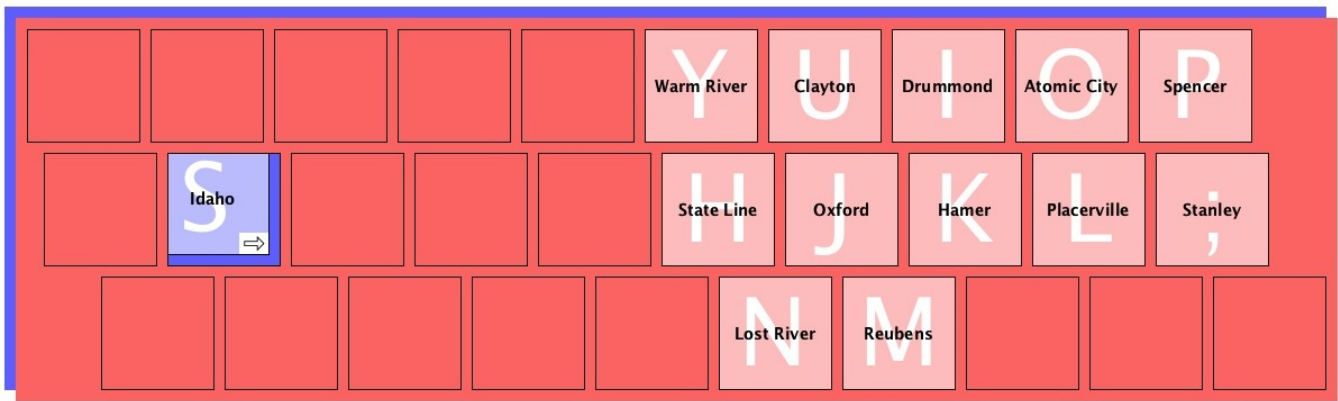


Figure 2: The keyboard-card menu from Figure 1 with the S key pressed. Note how a hole has been “punched out” of the card.

cut would be impractical for many users) and, if absolutely needed, sequences of rolled-chords could still be treated as shortcuts.

Rolled-chords also have several important advantages over simple key sequences. First, in sequences like “F-J, F-K, F-J” we have reduced the number of keystrokes needed, as explained above. Second, rolled-chord shortcuts enforce the rule, when assigning shortcuts to commands, that the keys pressed in a shortcut never use the same finger twice. We suspect that following this rule increases speed; it also, as pointed out in [20], removes the possibility of accidentally entering a repeated letter sequence like “F-F” because of an operating system’s key press repeater. Third, when mistakes are made in selecting an initial key of a shortcut, no additional keystroke (e.g. “Backspace” or “Delete” key press) is needed to undo the mistake—the user simply releases the key. This feature is especially important not only because it makes mistakes more preventable, but because it means that *when the available shortcuts are displayed in a navigable hierarchy, as with keyboard-card menus, users can “peek” into submenus without having to press an additional key to back out again.* We expect that this will help novice users considerably in exploring hierarchies and in searching for items that have non-obvious locations within the menu hierarchy.

3. RELATED WORK

Encouraging shortcut use within graphical user interfaces is an active area of research. A theoretical explanation of the problem of low levels of shortcut usage can be found in *Paradox of the Active User* [6] which notes that people are biased towards using software to solve their immediate problems, rather than towards exploring what the software can do, and also generally prefer to use known solutions rather than new ones. The severity of the problem has been empirically verified in [14], and in trying to solve it researchers have gone so far as suggesting that the option to click on a dropdown menu item should be disabled when a keyboard shortcut is available [8].

Our general approach—graphically supporting users in entering commands from the keyboard—has been taken before in a several alternate ways. “GEKA” [9] populates a list of command names and shortcuts, refining the list as users type, allowing a command line-like experience with a graph-

ical user interface. “HotKeyCoach” [10] uses a transparent popup window to inform and remind users of available (traditional) shortcut alternatives in a non-disruptive way as they work with an application. “Blur” [21] combines features seen in “GEKA” and “HotKeyCoach”, notifying users when a command could be invoked by pressing escape and then typing “hot commands” (e.g. “align left”) into a transparent popup window; it also provides lists of command recommendations. “ExposeHK” shows users available (traditional) keyboard shortcuts when a user presses a modifier key; it replaces toolbar icons with printed shortcuts, expands all dropdown menus at once (with shortcuts printed next to the menu item name), and uses tooltips to show shortcuts for icons in a Microsoft *Office 2007*-style ribbon [17].

The line of work by Kurtenbach et al. on “marking menus” (which extend “pie menus” by allowing expert users to select items without looking at the menu) is in many ways parallel to ours, a major difference simply being the intended set of applications: they assume a context in which users need some sort of pointing device most of the time (e.g. technical drawing), while we assume a context where most of the time users want to have both hands on the keyboard (e.g. text editing). In particular, the design of keyboard-card menus follows three principles used in the design of marking menus [13]:

- *Self-revelation*: interactively telling users what commands are available and what these commands do
- *Guidance*: showing users how to invoke commands during the process of self-revelation
- *Rehearsal*: guiding novice users through the same physical motions that an expert would use

A more recent alternative to marking menus, but still following these design principles, is “OctoPocus” [5]. Kurtenbach et al. also address the issue of providing large numbers of quickly accessible menu items in work on the “HotBox” [12].

Work that most closely relates to ours may be explorations of interaction with multi-touch surfaces, since these provide a new opportunity for computer chording. Relevant work includes “Multi-finger Chorded Toolglass” [18], “Multi-Touch Menu” [2], “Finger-count shortcuts” [3], “Multi-touch Marking Menu” [15], and, perhaps most significantly, “Arpege”

[4]. An advantage of using a multitouch surface is that thumb mobility may be exploited, as seen in [2] and [18]. However, physical keyboards appear to be faster to type with than virtual keyboards on a multi-touch surface [23], and using them in presenting chords does not create occlusion problems (involving the hands) which, as highlighted in [4], would likely make the presentation rolled chords much more complicated.

4. STUDY DESCRIPTION

4.1 Study Motivation

Keyboard-card menus are one of many possible ways to present rolled-chord shortcuts. Using dropdown menus with menu items marked with letters, as in Figure 3, as a baseline for comparison makes sense because of their advantages over keyboard-card menus and other types of menus, including that

- most existing applications already use dropdown menus, making the incorporation of rolled-chord shortcuts into the design of these applications somewhat more straightforward for software developers
- users may feel more comfortable with them, since they are almost certainly more familiar with them
- they do not hide submenu siblings (e.g. “Massachusetts - F” and “Utah -T” are still visible in Figure 3)
- they are more compact (at least for relatively small hierarchies)

Reducing the advantage of compactness, screen resolutions have improved dramatically over the past decade [24] and secondary monitors are often available. Some advantages of keyboard-card menus are that

- since the size and shape of keyboard-card menus is relatively constant, the content being manipulated could never possibly be covered up by the menu
- since dropdown menus typically have only a single row of items at the root level, they may allow for broader overall menu hierarchies, which have advantages over deep hierarchies [19]
- the keyboard pattern makes using of the keyboard rather than the mouse the obvious choice

The last point may be the most important, though it is unclear how many users would decide to use the mouse rather than the keyboard if presented with labeled dropdown menus. Finally, there is our *experiment hypothesis*:

- new users are able to learn menu items’ shortcuts faster

By this we mean both that the number of selections needed to memorize a shortcut is low and that the time to enter a shortcut that has not been memorized is low.

There are several reasons to think that keyboard-card menus might help users learn shortcuts faster. First, although the size of each menu item’s text is the same in both the keyboard-card and dropdown menu presentations, the character used to access the menu item is bigger, and therefore may be easier to read. Second, the greater amount

of space between menu items may also make misreading the character associated with a menu item more difficult. Third, placing menu items in a two-dimensional array might help users exploit approximate information about locations because there are more characteristics that can be remembered. For instance, given set of menu items, if these menu items are displayed in a one dimensional list, one might be able to remember that menu item “A” is above menu item “B”, but, if the items are displayed in a two-dimensional array, one might be able to remember that “A” is above “B” and one might be able to remember that “A” is to the left of “B”. Fourth, with keyboard-card menus there is an alternate, and possibly faster, way to associate the key with the menu item, since the system could be used without looking at the character printed under the menu item.

4.2 Study Design

To see if the keyboard-card menu improves rolled-chord shortcut learnability relative to a dropdown menu presentation (i.e. relative to dropdown menus labeled as in Figure 3 that one navigates by pressing and holding keys), we performed a 20 participant (8 male) within-subjects comparison with adult self-described touch-typists as our participants, based loosely on [1] and [8]. Participants were recruited through a mass email and word of mouth at a large state university in the United States. After a 1 minute typing test (using the “Space Cowboys” test on typingtest.com), each participant performed up to 720 selection tasks (“trials”) over the course of at most 50 minutes, using one of the two menu systems, followed by half of a brief questionnaire. The trials were then repeated, over the course of a second period of at most 50 minutes, using the second menu system with a second hierarchy of menu items, followed by the second half of the questionnaire. Before each 50-minute period, participants performed 10 warm-up trials. Participants were told that they could ask questions or take breaks at any point that would not count against the 50 minutes for each menu system, and participants were asked, at the 25-minute mark, if they would like to take a break. Participants were also told that two thirds of the compensation would be prorated based on how many of the 1440 trials they completed.

In each trial, each participant was first prompted by text on the screen to press SPACEBAR, which started an invisible timer for the trial. They were then presented with text of the form “U.S. state -> small town”, e.g. “Delaware -> Little Creek” (see Figure 1); while the states were presumably recognizable by participants, the towns were unlikely to be recognized since they were selected from lists of the smallest towns in those states. The trial ended when the town was correctly selected from the submenu labeled with the state’s name, at which point the elapsed time was recorded and the participant was again prompted to press SPACEBAR to start the next trial. The number of incorrect selections of town names during each trial was also recorded (usually this was zero).

Two non-overlapping hierarchies of states and towns were used. Each consisted of 6 states and 72 towns, 12 from each state. The states were assigned the A, S, D, F, G, and T keys and the towns were assigned the Y, U, I, O, P, H, J, K, L, semicolon, N, and M keys (as in Figure 1, Figure 2, and Figure 3). From each hierarchy, 14 towns, 2 or 3 from each state, were randomly selected for use in

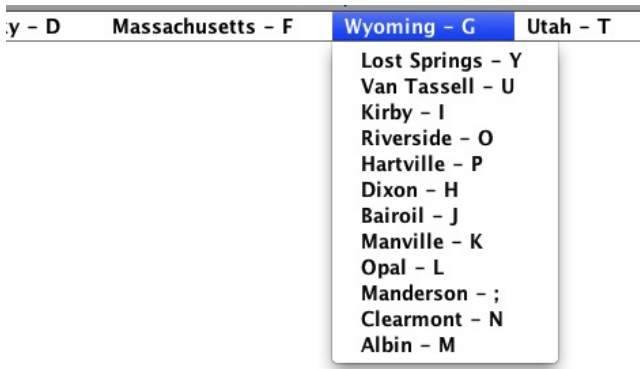


Figure 3: Part of a dropdown menu, navigable by pressing and holding keys rather than with the mouse, used in the study; note the letters on each item. Also note that the text is the same font and size as in the keyboard-card menus.

trials. The 720 trials for each menu system were divided into 12 blocks of 60 trials, and the numbers of occurrences of each town in each block were 12, 12, 6, 6, 4, 4, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 1, and 1, with the order varying randomly from block to block. This organization of hierarchies and trials, and the Zipfian distribution used (“which has been shown to represent command use frequency in real applications”), was used in [8].

While the same 14 towns for each hierarchy were used across participants, the numbers of occurrences were paired, randomly, with different towns for different participants (the pairing did not change across blocks for a given participant). For instance, participants A and B would both see “Delaware -> Little Creek”, but participant A might see it 6 times in every block while participant B might only see it 2 times in every block.

The numbers of participants were balanced between the four possibilities determined by whether the keyboard-card or dropdown menu was seen first and by which set of states and towns was used with which menu type.

The software for the experiment was run on a 2.8 GHz Intel Core 2 Duo MacBook Pro with Mac OS X Snow Leopard using Java 1.6. However, participants viewed the software on an 18 inch, 1280 x 1024 pixel separate monitor (Dell Model No. 1800FP) and used a separate keyboard (Dell Model No. L100). The experiment was performed in a faculty member’s office on a university’s campus.

5. STUDY RESULTS

The average selection times for the two different menu systems can be seen in Figure 4. Note that while outlier trials were removed (a trial was considered an outlier if its time was greater than $3*(Q3-Q1)+Q3$, where $Q1$ and $Q3$ were the first and third quartile values; 0.55% of trials were considered outliers), average times for participants who did not complete all 1440 trials were left in. Averaged trial completion times for each block are only complete for all participants and menu types in blocks 1-8. One participant was only able to complete trials in blocks 1-8 for both menu types. Two other participants were only able to complete trials in blocks 1-10 using the dropdown menus, but were

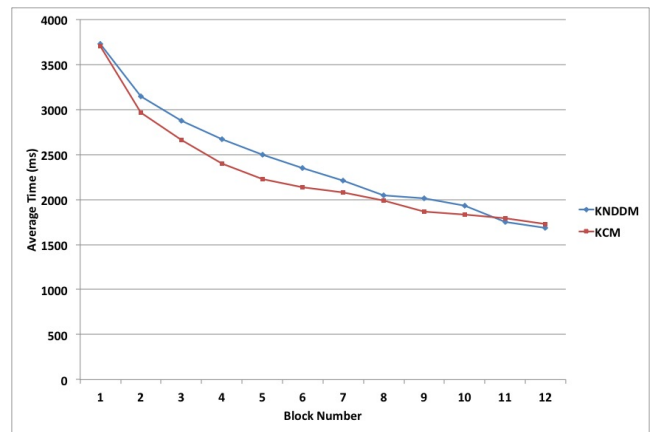


Figure 4: Average trial completion times, in milliseconds, for the keyboard-navigated dropdown menus and keyboard-card menus in the study. Note that data is only complete for blocks 1-8

able to complete trials in all blocks using the keyboard-card menus. The remaining 17 participants were able to complete trials in all blocks.

To analyze this data we first fit quadratic equations to the completion time data for each participant (with trial number as the independent variable and completion time as the dependent variable), leaving out times for trials where any participant was missing data, the result of which was complete data for 323 trials over blocks 1-8. Paired t-tests on the coefficients of the fitted quadratics showed statistically significant ($p = 0.0458$) differences between the average second-order coefficients for keyboard-card and dropdown menus (i.e. there were statistically significant differences in the “curviness” of the data for the keyboard-card and dropdown menus). In addition, we performed a repeated measures ANOVA on the average completion times for blocks 1-7 (where all participants completed all trials), which showed statistically significant differences between the two menu types ($p = .044$) as well as between the blocks ($p < .001$).

Average error rates for each trial and menu type are shown in Figure 5. Overall error rates across blocks 1-7 for the dropdown menus and keyboard-card menus were 10.4% and 8.4% respectively, where errors were defined as the incorrect selection of a leaf in the menu hierarchy and the error rate for a block was calculated as $e/(e + t)$ where e = the number of errors in the block’s non-outlier trials and t = the number of non-outlier trials in the block. This difference was not statistically significant. However, t-tests on the data for the 5th, 9th and 10th block differences did show statistical significance (p-values were .032, .008, and .049 respectively; note that 9th and 10th blocks exclude data for one participant). Though a repeated measures ANOVA on the error rates for blocks 1-7 also failed to show statistical significance, fitting quadratics to the error rates for each participant at each block where data was available, and then performing t-tests on the coefficients *nearly* showed statistical significance at the 5% level for the quadratic and linear coefficients (p-values were .0544 and .0624 respectively)

Several interesting correlations can also be seen in the overall (i.e. across blocks) data for each participant. Error

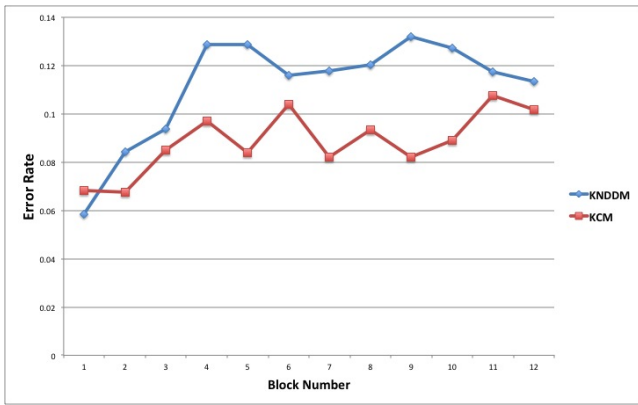


Figure 5: Error rates for the keyboard-navigated dropdown menus and keyboard-card menus in the study. Note that data is only complete for blocks 1-8.

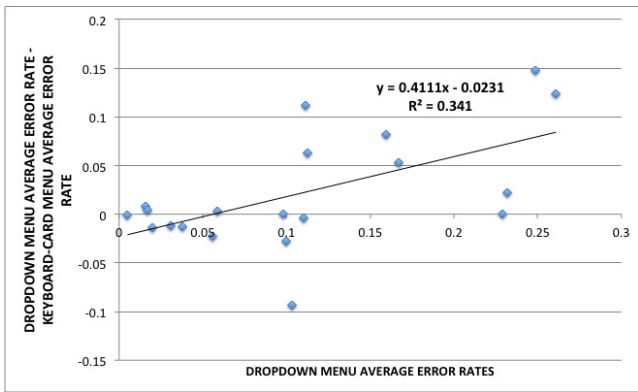


Figure 6: The differences between the overall average error rates for dropdown menus and keyboard-card menus, for each participant, plotted against the error rate for dropdown menus.

rates for dropdown menus were correlated ($R = 0.718$) with the error rates for keyboard-card menus and overall average times for dropdown menus were correlated ($R = 0.911$) with overall average times for keyboard-card menus. However, error rates and average times were negatively correlated for both dropdown menus and keyboard-card menus ($R = -0.510$ and -0.479 , respectively), so it appears that some participants chose to concentrate more on being accurate, at the expense of speed, and some chose to do the opposite.

In addition, the difference between the error rates for dropdown and keyboard-card menus was positively correlated with the error rate for dropdown menus (see Figure 6) and the difference between the average times for keyboard-card and dropdown menus was positively correlated with the average times for dropdown menus (see Figure 7). In other words, participants whose error rates were higher made even more mistakes when using the dropdown menus, and participants whose average times were slow were even slower when using dropdown menus.

Results from the questionnaire can be seen in the table, where

- Q1=“How quickly do you feel you were able to become

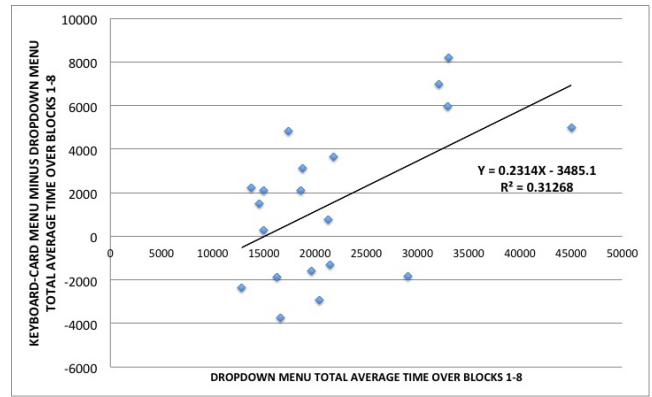


Figure 7: The differences between the overall average times for dropdown menus and keyboard-card menus, for each participant, plotted against the time for dropdown menus.

familiar with the menu item locations over the course of performing the trials?”

- Q2=“At the beginning of the set of trials for this menu system, how quickly do you feel you were able to select menu items?”, and
- Q3=“At the end of the set of trials for this menu system, how quickly do you feel you were able to select menu items?”

Ratings were given on a scale from 0=“Very Slowly” to 9=“Very Quickly”. Though the results were favorable for keyboard-card menus, t-tests did not reveal statistically significant differences between the average ratings (p-values given in the table). These results were not correlated with typing speed.

	KCM Ave.	KCM Std. Dev.	DDM Ave.	DDM Std. Dev.	P-values
Q1	6.0	1.5	4.8	2.4	.165
Q2	3.0	1.8	2.2	1.6	.119
Q3	7.3	1.3	6.7	2.1	.525

Table 1: Questionnaire Results.

6. DISCUSSION

The data supports the hypothesis that the keyboard-card menu’s presentation makes rolled-chord shortcuts easier to learn than does the dropdown menu’s presentation. We further hypothesize, first, that the eventual convergence of the two curves in Figure 4 means that by the 12th block users memorized the 14 shortcuts (and so were not using either presentation), and second, that the initial divergence of the two curves indicates that the keyboard-card menu’s presentation mostly helps users in finding and recalling shortcuts they have seen but not fully memorized.

Although in Figure 4 the separation between the curves appears to be small, it may be exaggerated considerably in more realistic applications by two factors. First, the period

in which users have seen menu items but have not yet memorized their locations (i.e. the middle section of Figure 4) may be extended over a greater period of time (e.g. hours or days, rather than tens of minutes) affecting the number of menu selections needed for memorization. Second, the effect of errors on the average selection times would likely be much greater, since only the time needed to make an error, recognize it, and make a correct selection is included in the Figure 4 data; in realistic applications, the time to undo an error would also have to be included.

The negative correlation seen between error rates and average times shows users making a tradeoff between speed and accuracy. However, the data seen in Figure 6 and Figure 7 suggests that use of a keyboard-card menu instead of a dropdown menu can help both users who prefer speed to accuracy and users who prefer accuracy to speed.

Many issues surrounding keyboard-card menus remain unexplored. For instance, some participants disliked the use of bright colors. Would refining the system improve performance? Another color-related refinement would be to use different colored/textured cards for each submenu (in the study, all sub-cards in the second level were red). Other important questions include: Does the menu actually encourage first time users of a system to use the shortcuts? What happens when icons instead of, or in addition to, labels are used? What is the best way to map a hierarchy to the menu? What happens when three finger shortcuts are used? Can keyboard-card menus' presentation be effective with other sorts of shortcuts?

7. CONCLUSION

While selecting from a large set of menu items in an efficient manner is certainly possible, expecting users to learn how to do so using traditional shortcuts displayed in dropdown menus is often unrealistic. In order to open up new realms of computer applications to a wider range of users (college students typing of mathematics at the computer, for instance), we are rethinking shortcuts and, in particular, how to present them. We have developed keyboard-card menus, and have tested them against dropdown menus as a way of presenting how to enter shortcuts, using rolled-chords as our shortcut choice in the experiment. Our data shows that keyboard-card menus, taking advantage of increasing amounts of available screen space with their keyboard-shaped presentation, can be more effective than a presentation based on dropdown menus as a method for presenting large numbers of shortcuts in an easy-to-learn way.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank our participants for their time and effort. This research was supported by NSF award CCF-1250306.

9. REFERENCES

- [1] D. Ahlström, A. Cockburn, C. Gutwin, and P. Irani. Why it's quick to be square: modeling new and existing hierarchical menu designs. In *Proc. CHI*, pages 1371–1380. ACM Press, 2010.
- [2] G. Bailly, A. Demeure, E. Lecolinet, and L. Nigay. Multitouch menu (mtm). In *Proceedings of the 20th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, IHM '08, pages 165–168, 2008.
- [3] G. Bailly, E. Lecolinet, and Y. Guiard. Finger-count & #38; radial-stroke shortcuts: 2 techniques for augmenting linear menus on multi-touch surfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '10, pages 591–594, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [4] O. Bau, E. Ghomi, and W. Mackay. Arpege: Design and learning of multi-finger chord gestures. *Submitted to ACM TOCHI*, 2010.
- [5] O. Bau and W. E. Mackay. Octopocus: a dynamic guide for learning gesture-based command sets. In *Proceedings of the 21st annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '08, pages 37–46, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [6] J. M. Carroll and M. B. Rosson. Paradox of the active user. In *Interfacing thought: cognitive aspects of human-computer interaction*, pages 80–111. MIT Press, 1987.
- [7] S. Graham, V. Berninger, N. Weintraub, and W. Schafer. Development of handwriting speed and legibility in grades 1–9. *The Journal of Educational Research*, 92(1):42–52, 1998.
- [8] T. Grossman, P. Dragicevic, and R. Balakrishnan. Strategies for accelerating on-line learning of hotkeys. In *Proc. CHI*, pages 1591–1600. ACM Press, 2007.
- [9] J. Hendy, K. Booth, and J. McGrenere. Graphically enhanced keyboard accelerators for guis. In *Proc. GI '10*, pages 3–10. Canadian Information Processing Society, 2010.
- [10] B. Krisler and R. Alterman. Training towards mastery: overcoming the active user paradox. In *Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges*, NordiCHI '08, pages 239–248, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [11] G. Kurtenbach and W. Buxton. User learning and performance with marking menus. In *Proc. CHI*, pages 258–264. ACM Press, 1994.
- [12] G. Kurtenbach, G. W. Fitzmaurice, R. N. Owen, and T. Baudel. The hotbox: efficient access to a large number of menu-items. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '99, pages 231–237, New York, NY, USA, 1999. ACM.
- [13] G. P. Kurtenbach. *The design and evaluation of marking menus*. PhD thesis, University of Toronto, 1993.
- [14] D. Lane, H. Napier, C. Peres, and A. Sandor. The hidden costs of graphical user interfaces: The failure to make the transition from menus and icon toolbars to keyboard shortcuts. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 18:133–144, 2005.
- [15] G. J. Lepinski, T. Grossman, and G. Fitzmaurice. The design and evaluation of multitouch marking menus. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '10, pages 2233–2242, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [16] K. Lyons, N. J. Patel, and T. Starner. Keymenu: A keyboard based hierarchical menu. In *Proc. ISWC '03*, pages 240–241. IEEE Computer Society, 2003.
- [17] S. Malacria, G. Bailly, J. Harrison, A. Cockburn, and

- C. Gutwin. Promoting hotkey use through rehearsal with exposehk. 2013.
- [18] S. Malik. *An exploration of multi-finger interaction on multi-touch surfaces*. PhD thesis, University of Toronto, 2007.
- [19] K. L. Norman. *The Psychology of Menu Selection: Designing Cognitive Control at the Human/Computer Interface*. Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ, 1991.
- [20] K. Purdy. Make chrome less distracting with vimium (and these settings). <http://lifehacker.com/5925220/make-chrome-less-distracting-with-vimium-and-these-settings/>, 2012.
- [21] J. Scarr, A. Cockburn, C. Gutwin, and P. Quinn. Dips and ceilings: understanding and supporting transitions to expertise in user interfaces. In *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems*, pages 2741–2750. ACM, 2011.
- [22] B. Shneiderman and C. Plaisant. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Addison-Wesley, Boston, fifth edition, 2010.
- [23] P. D. Varcholik, J. J. L. Jr., and C. E. Hughes. Establishing a baseline for text entry for a multi-touch virtual keyboard. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(10):657 – 672, 2012. <ce:title>Special issue on Developing, Evaluating and Deploying Multi-touch Systems</ce:title>.
- [24] W3Schools. Browser Display Statistics. http://www.w3schools.com/browsers/browsers_display.asp, 2013.

Usability of Vision-Based Interfaces

Cristina Manresa-Yee, Esperança Amengual
Computer Graphics, Computer Vision and AI Group
Mathematics and Computer Science Department,
University of Balearic Islands,
Crta. Valldemossa km 7.5, 07122, Palma, Spain
(+34) 971259721
{cristina.manresa, eamengual}@uib.es

Pere Ponsa
EPSEVG School
Automatic control Department
Barcelona Tech University
Av. Víctor Balaguer 1, Vilanova I la Geltrú, Spain
pedro.ponsa@upc.edu

ABSTRACT

Vision-based interfaces can employ gestures to interact with an interactive system without touching it. Gestures are frequently modelled in laboratories, and usability testing should be carried out. However, often these interfaces present usability issues, and the great diversity of uses of these interfaces and the applications where they are used, makes it difficult to decide which factors to take into account in a usability test. In this paper, we review the literature to compile and analyze the usability factors and metrics used for vision-based interfaces.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2. Information interfaces and presentation: User Interfaces – *Interaction styles, evaluation/methodology, user-centered design*

General Terms

Measurement, Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Vision-based interfaces, usability, gestures, evaluation

1. INTRODUCTION

Human-computer interaction (HCI) is the discipline concerned with the design, evaluation and implementation of interactive computing systems for human use and with the study of major phenomena surrounding them [1].

When the system “can see” through a camera, the computer is able to acquire information about users and the environment in which they operate [2]. This capability can be used to communicate the user with the computer, therefore obtaining a vision-based interface (VBI).

The system uses computer vision in order to sense and perceive users and their actions within an HCI context. Nowadays this specific type of interfaces are gaining wide acceptance. They analyze and recognize human motion and gestures in real time to use it as an input system in order to interact with the computer, from interacting with the system contactless in an operating room [3] to navigating in virtual reality worlds [4].

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.
Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

VBIs can be used to identify gestures done by the user by using their own body. A gesture can be a static configuration of a body part, such as a pointing gesture, or it can be a set of dynamic motions of the body or body parts such as a head nodding gesture. Using the user’s own body gestures to interact with a system has been described as natural, direct and intuitive [5]. Nevertheless, there are many criticisms on the naturalism or intuitiveness of these interfaces [6][7] and their usability [8].

Independently of the specific applications that VBI can offer, VBIs frequently include detection, identification and tracking [2]. The detection determines the presence or absence of an element, the identification seeks the recognition of a particular element and the tracking temporally follows an identified element.

On the one hand, when the system replaces a pointing input device (e.g. eye tracking or body parts tracking to replace a mouse [9]) it detects, recognizes and tracks the body part used to interact. And on the other hand, there are other interactive systems that employ gestures as input commands to interact. In this case, reporting the body part position may not be needed [10].

One of the most challenging tasks in VBIs design is the identification of the most suitable gestures for a particular interface. Frequently, gestures are modelled in a laboratory setting where usability testing should be carried out in order to measure the extent to which the designed system can be used by specified users in a specified context of use to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction [11]. However, the great diversity of uses of these interfaces makes it difficult to decide the factors that should be taken into account in a usability test.

Wickerth et al. [12] proposed a Gesture Usability Scale (GUS), which added to the System Usability Scale (SUS) [13] five questions related to the gesture interface. These items were meant to measure the perceived reliability, performance and compliance with the user’s expectations. Then, in order to define a quantitative model to reflect the usability of a gesture based interface, in [14] the authors presented a model which considered accuracy, fatigue, naturalness and duration. However, other researchers have been using other factors.

The purpose of this paper is to review the current practice in how usability is measured when testing VBIs. The work mines the literature to compile potential factors that could be used to assess usability of VBIs as well as the metrics used to measure them.

The structure of the paper is as follows. The next section describes the factors considered when evaluating VBI and the metrics used to measure those factors. Furthermore, these factors are classified using the ISO 9241-11 attributes: efficiency, effectiveness and

satisfaction. The final section summarizes the key findings and concludes the paper.

2. USABILITY FACTORS

Usability is a term that has been defined by different authors and in different standards [15], but to classify the VBI usability factors found in the literature we will use the three attributes included in the ISO 9241-11, the international standard on Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs), Part 11: "Guidance on usability":

- **Effectiveness** refers to task performance; how accurately and completely did the user achieve the goals?
- **Efficiency** is the amount of effort that is required to achieve the level of effectiveness when achieving the goals. Efficiency is the relationship between effectiveness level and resource consumption.
- **Satisfaction** refers to how comfortable the user feels while using the system.

When searching for works related to our research, the following key words and synonyms were used to search: usability AND ("vision based interface" OR "vision based user interface" OR "gesture based interface" OR "gestural interface" OR "perceptual user interface" OR "natural user interface" OR "natural interface"). Works that did not use computer vision techniques in their system or did not present an evaluation were excluded as we were interested in compiling the usability evaluation factors and metrics.

When designing a gesture for an interface, it is important to consider two different aspects. On the one hand the application's context and the user's requirements [16]. And on the other hand, Lenman et al. [17] characterize gestures along three dimensions: cognitive, technological and articulatory:

- Cognitive aspects are related with how easy a command can be learnt and recalled.
- Technological aspect refer to need of taking into account the state-of-the art of technology, now and in the near future when designing the command set for gestural interaction based on computer vision. To exploit the use of gestures in HCI it is necessary to provide the means by which they can be interpreted by computers [18].
- Articulatory aspects take into consideration that a gesture has to be comfortable to ensure that a physically stressing gesture is avoided taking into account the human anthropometrics [19].

All these considerations have led to a set of factors to assess in a VBI usability evaluation. In the following lines, we will classify the factors found in the literature in **effectiveness**, **efficiency** or **satisfaction** and the metrics used to measure them. At this point, it is pertinent to note that some authors have used other usability definitions, instead of the definition given by ISO 9241-11 that we consider in this work.

2.1 Effectiveness

Effectiveness in VBIs evaluation is assessed mostly by measuring the accuracy and the error rate of the interfaces, which are quantitative measurements.

2.1.1 Accuracy and Error rate

Accuracy is the correctness in recognizing the gestures performed by the user. This factor is related with the robustness and precision of the computer vision techniques. This factor is frequently tested and is an indicator of the gesture uniqueness [14], that is, if a gesture is similar to another one, the system can misinterpret it and trigger a wrong action.

Errors are related with the accuracy and we can distinguish two kinds of errors:

- Misinterpreted gestures within the set of possible gestures, which would be related with the uniqueness.
- Gestures that are not understood, which could be related with the robustness of the computer vision techniques.

A gesture that is not recognized requires repetition, but a gesture which is misrecognized needs to be corrected. In this case, both parameters could be evaluated individually.

A metric frequently used to evaluate accuracy is to control the number of correct recognized gestures regarding the total number of performed gestures [20]. For example, in [10] it is described a test of a hand-based interface to navigate in a 3D world. They prepared a sequence of 40 gestures and 40 people tested the interface, and the accuracy for each gesture was measured using eq. 1.

$$a_{gesture} = \frac{n_{recognized}}{n_{total}} \quad (\text{Eq.1})$$

2.2 Efficiency

When assessing **efficiency**, different measurements are used such as the user's physical and mental effort, duration of the gesture or memorability/learnability.

2.2.1 Physical fatigue

When interacting with body movements, fatigue or tiredness can appear, especially if the gesture is physically demanding. Gestural commands must be concise, fast and avoid gestures that require a high precision over a long period of time in order to minimize effort [21].

Fatigue is a difficult attribute to measure because is user-dependent. The metrics that have been used are usually questionnaires using Likert-scales or Borg CR10 scale (which is a method of rating perceived exertion [22]). For example, in [23] the authors test a nose tracker to replace the mouse and they assess the overall neck effort by using the Borg CR10, with 0 indicating no neck effort and 10 indicating very strong neck effort. Other example is the annex included in ISO 9241-9 [11] which recommends a comfort questionnaire that comprises twelve 7-point interval Likert scale questions about the levels of comfort and effort that are involved in the system's operation such as wrist, arm or shoulder fatigue.

Another way to control the fatigue is by controlling the user's biosignals such as the heart rate or electromyographic signals (EMG). In order to use biosignals, the user will have to set the appropriate equipment to measure them. For example, [24] presents a system based on wearable force sensitive resistors to sense muscle activity. They showed a correlation between the mechanical deformation of the limb (measured through force sensors) and muscle activity, especially fatigue.

2.2.2 Duration

The gesture duration is how long the user needs to perform the gesture. A gesture involves a preparation, an execution and

retraction phase [25]. The execution phase sometimes requires maintaining the gesture for a predefined time for robustness. Duration is strongly related with the computer vision techniques, as a minimum or maximum duration may have been set or can be configured to recognize a gesture. This factor affects the system's efficiency and the user's fatigue: the longer the user needs to perform the gesture, the fatigue can increase and lesser input commands to the system can be performed.

This factor is evaluated by measuring the time between the start and the end of a gesture. In [14] a gesture interface to control a media centre is tested, and to assess the duration they manually computed the time between the start and the end of a gesture. Moreover, many works evaluate this factor by computing the duration of carrying out a task, instead of the actual duration of the gesture, especially when comparing different interfaces. For example, in [23] they compare the time needed to complete a task (the multi-directional tapping task recommended by ISO9241-9[11]) with their VBI and the standard mouse.

2.2.3 Cognitive load

Cognitive load refers to the total amount of mental activity imposed on working memory.

The evaluation of this attribute is frequently done by subjective assessment (questionnaires, e.g. NASA Task Load Index). For example, in [26] authors present a wearable system that recognizes relaxed and discreet as well as large and demonstrative hand gestures. To measure the mental demand, participants were asked to answer the gestural interaction questions of the NASA-TLX [27]. And they also used a 10-point rating scale for these questions to increase their fidelity.

Another approach to evaluate cognitive load is by analyzing the quantity of information that an individual can remember while using that interface. This latter test is based on the idea that when individuals are forced to use working memory or other cognitive resources, information is lost or displaced. The work presented in [30], is an interface for visual navigation of a whole Earth 3D terrain model. Users tested the interface and they were given a memory test to determine if they remembered the symbols they saw, the order of appearance, and where the symbols were located.

2.2.4 Learnability and Memorability

Learnability, or time to learn, is the time and effort required reaching a specific level of use performance. Memorability, or retention over time, is the ease of system intermittently for casual users [19]. The closer the syntax of the operations match the user's understanding the easier it will be to remember how to operate the interface. If the time to learn is fast, then the retention will be less important [28].

To assess this factor, subjective questionnaires are used. For example, in [29] a questionnaire with a 5-point Likert scale was used to assess the easy to learn factor.

In [19] memorability is tested by presenting a slideshow of names of functions in a swift pace, 2 seconds per function. Participants must perform the gesture correctly while the name is displayed, if not, the slideshow restarts and the number of restarts is counted.

2.3 Satisfaction

Most of the factors classified under the **satisfaction** attribute are evaluated by using user questionnaires to capture the subjective users' feelings towards the interface.

2.3.1 Naturalness and Intuitiveness

The naturalness of gestures is related with their quality of being real and not involving anything made or done by people. Intuitiveness is the instinctive use of the gestures based on what one feels they should be even without conscious reasoning. Frequently both concepts are used indistinctly, but intuitiveness can be influenced by previous experiences [30].

Natural and intuitive gestures help the interface to be discoverable by the user, which is a desired factor [16] and influences factors such as learnability, memorability or cognitive load.

Subjective questionnaires are used to assess this factor, but we can also find usability evaluations that assess quantitatively naturalness or other works that focus on finding the most natural gestures.

In Gamberini et al [31], the authors evaluate quantitatively the device's naturalness, based on the identification and analysis of breakdowns in the users' actions when using a locomotion system controlled by the users feet movements to move in the virtual environment (VE) while remaining seated in a chair. This work is based in Winograd and Flores [32], who defined breakdowns as a crisis in the interpretation of the current situation, which leads a person to suspend his/her action to find a solution.

In [19] two approaches to find gestures that ensure intuitive and logical mapping are used: bottom-up and top-down. Bottom-up takes functions and finds matching gestures, while the top-down presents gestures and finds which functions are logically matched with those. In the bottom-up approach we can also find examples such as the work of Höysniemi et al [33] which analyzes what movements children prefer and are more intuitive in different game contexts (e.g., swimming, running, jumping) by applying a Wizard of Oz approach.

2.3.2 Comfort

Comfort is defined as a pleasant feeling of being relaxed and free from pain.

This factor is frequently assessed by subjective questionnaires (e.g. Likert scales or the Body Part Discomfort (BPD) scale [34]), but we also find works focused on improving this attribute by identifying comfort zones. For example, in Kölsch et al. [35] a method for objective assessment of postural comfort, where postural comfort is defined as a posture that does not elicit compensating motion of other body parts, is presented. The authors analyze the user's posture to define a comfort zone.

2.3.3 Ease of use

Ease of use, easy-to-use or easiness, means that the user needs little effort to operate with the system.

The easier the interface is, the fastest the user will bring out a profit. In order to improve the easiness of a VBI, the design should take into account the previous user experience and the design should be familiar and consistent with the users' expectations [36].

This factor can be evaluated by means of subjective questionnaires. For example in the SUS questionnaire, there is a question regarding the easiness of the system [12].

2.3.4 User experience and Satisfaction of use

The user experience includes both pragmatic (**efficiency** and **effectiveness** attributes) and hedonic aspects of the system, measured through subjective indicators such as user satisfaction and hedonic quality (fun, aesthetics). Hedonic quality is the extent to which a system allows for stimulation by its challenging and

novel character or identification by communicating important personal values [37].

Following this definition, van Beurden et al. [38] assess user experience by a subjective questionnaire with 7-point semantic differential (bad-good, easy-hard) questions to compare gesture-based interaction technologies with device-based interaction methods.

2.3.5 Social acceptance

Various definitions proposed in the literature for social acceptability (also known as social acceptance) are examined in [39]. They synthesize a definition that is based on both how the individual feels about performing the action and how others nearby perceive the users' actions:

- User's social acceptance refers to the positive or negative impression of the task or technology from the user perspective.
- Spectator's social acceptance is a measure of their impressions of the user's actions.

From these two viewpoints, gestures can be said to be socially acceptable if they are deemed to be appropriate, by both the user and any observers, in the context in which they are carried out. It is also possible that users base their social acceptance of a gesture depending on how they would react to the same gesture if they were a spectator, thus creating interlinks between user's social acceptance and spectator's social acceptance.

As pointed out in [40], because the set of gestures that can be reliably recognized may be quite different from the set of gestures that users are willing to adopt, the social acceptability of using any given gesture must be evaluated before time and effort are spent implementing them. Individuals evaluate social acceptability when the motivations to use the technology compete with the restrictions of social settings.

There are many possible factors that should be examined in social acceptability, such as culture [41], discreteness, time, gesture performance, personality traits, user's age group, location and audience. In order to understand how these factors influence social acceptability, there have been different initiatives to evaluate how they affect user willingness to perform gestures [38][40]. These evaluations consist on examining a set of well-defined gestures by performing surveys to different groups of participants who have to answer some questions after watching a video of a particular gesture. For example in [42], an interface to use in meetings using touch and gestures is tested, and social acceptability is assessed by subjective questionnaires.

3. CONCLUSIONS

The use of VBIs has expanded and they have become a mainstream technology especially in leisure contexts. The widespread use of this particular type of interfaces leads us to consider their usability as an essential attribute to be satisfied to ensure the success of the wide range of applications using VBI which are available nowadays. However, due to the novelty of these interfaces, their interaction design is still immature and standard guidelines are not yet available. New usability metrics could be proposed in order to improve the design and implementation of these interfaces.

In this work we have reviewed the current practice in how usability is measured when testing VBIs. In order to classify the different factors that could be considered for usability assessment in VBIs we have mined the literature and present a taxonomy

based on the three attributes of usability as defined in ISO 9241-9 [11]: effectiveness, efficiency and satisfaction. Each one of these attributes has been divided into different factors that have been analyzed in order to gather existent metrics used to measure them. In table 1, we summarize the key findings of this work.

Future work lines will include the definition of new and appropriate factors and metrics to assess usability aspects of VBIs.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by A1/037910/11 granted by MAEC-AECID, Ajudes grup competitiu UGIVIA 28/2011 granted by the Govern de les Illes Balears, and TIN12-35427 granted by the Gobierno de España. C. Manresa-Yee also acknowledges the support of the mobility grant CAS12/00199, Programa José Castillejo granted by the Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Programa Nacional de Movilidad de Recursos Humanos del Plan Nacional de I-D+i 2008-2011, prorrogado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 7 de octubre de 2011.

REFERENCES

- [1] Hewett, B., Card, C., Gasen, M., et al. 1992. ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction. <http://www.hcibib.org/>. Last visited: June 2013
- [2] Porta, M. 2002. Vision-based user interfaces: methods and applications. *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(1), 27-73
- [3] Graetzel, C., Grange, S., Fong, T., and Baur, C. 2003. A Non-Contact Mouse for Surgeon-Computer Interaction. *NCCR-COME Research Networking Workshop*, Brauwald, Switzerland
- [4] Tollmar, K., Demirdjian, D. and Darrell, T. 2004. Navigating in virtual environments using a vision-based interface. In *Proceedings of the third Nordic conference on Human-computer interaction (NordiCHI '04)*. ACM, New York, NY, USA, 113-120
- [5] Cabral, M.C., Morimoto, C.H., Zuffo, M.K. 2005. On the usability of gesture interfaces in virtual reality environments. In *Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction*, 100-108
- [6] Norman, D.A. 2010. Natural user interfaces are not natural. *Interactions* 17, 3 (May 2010), 6-10
- [7] Bowman, D.A, McMahan, R.P. and Ragan, E.D. 2012. Questioning naturalism in 3D user interfaces. *Communications of the ACM* 55, 9 (September 2012), 78-88
- [8] Norman, D.A. and Nielsen, J. 2010. Gestural interfaces: a step backward in usability. *Interactions* 17(5) (September 2010), 46-49
- [9] Manresa-Yee, C., Ponsa, P., Varona, J. and Perales, F.J. 2008. User experience to improve the usability of a vision-based interface. *Interacting with Computers* 22 (6), 594-605
- [10] Manresa-Yee, C., Varona, J., Mas R. and Perales, F.J. 2005. Hand Tracking and Gesture Recognition for Human-Computer Interaction. *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis* 5(3), 96-104

- [11] ISO. 1998. ISO 9241-11:1998 *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (vdts) – part 11: guidance on usability*.
- [12] Wickerth, D., Benölken, P. and Lang, U. 2009. Manipulating 3D Content using Gestures in Design Review Scenarios. *International Journal of Information Studies*, 1(4), 242-250
- [13] Brooke, J. 1996. SUS: a "quick and dirty" usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- [14] Barclay, K., Wei, D., Lutteroth, C. and Sheehan, R. 2011. A quantitative quality model for gesture based user interfaces. In *Proceedings of the 23rd Australian Computer-Human Interaction Conference*, 31-39
- [15] Abran, A., Khelifi, A., Suryan, W. and Seffah, A. 2003. Usability Meanings and Interpretations in ISO Standards. *Software Quality Journal*, 11(4), 325-338
- [16] Saffer, D. 2009. *Designing Gestural Interfaces: Touchscreens and Interactive Devices*. O'Reilly Media, Sebastopol, CA
- [17] Lenman, S., Bretzner, L. and Thuresson, B. 2002. Using Marking Menus to Develop Command Sets for Computer Vision Based Hand Gesture Interfaces. In *Proceedings of the Second Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, 239-242
- [18] Pavlovic, V.I., Sharma, R., and Huang, T-S. 1997. Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 19 (7)
- [19] Nielsen, M., Störring, M., Moeslund, T.B. and Granum, E. 2004. A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for HCI. In *Proceedings Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction*. GW2003, LNAI 2915, 409-420, Springer
- [20] Waldherr, S., Romero, R. and Thrun, S. 2000. A gesture-based interface for human-robot interaction. *Autonomous Robots* 9
- [21] Baudel T. and Beaudouin-Lafon, M. 1993. Charade: remote control of objects using free-hand gestures. *Commun. ACM* 36, 7, 28-35.
- [22] Borg, G. 1982. Psychophysical Bases of Perceived Exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise* (14), 377-381.
- [23] G. C. De Silva, M. J. Lyons, S. Kawato, and Tetsutani, N. 2003. Human factors evaluation of a vision-based facial gesture interface. In *Proceedings of the 2003 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop*, 5, 52-59
- [24] Lukowicz, P., Hanser, F., Szubski, C., Anser, F. and Schoberberger, W. 2006. Detecting and interpreting muscle activity with wearable force sensors. In *Proceedings Pervasive 2006, LNCS 3968*, 101-116
- [25] Kendon, A. 1988. How gestures can become like words. In *Cross-Cultural Perspectives in Nonverbal Communication*, 131-141
- [26] Bailly, G., Müller, J., Rohs, M., Wigdor, D. and Kratz, S. 2012. ShoeSense: a new perspective on gestural interaction and wearable applications. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, May 05-10, 2012, Austin, Texas, USA
- [27] NASA TLX, NASA Ames Research Center, Moffet Field, California, 1988.
- [28] Shneiderman, B. 1998. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Addison-Wesley. 3rd ed.
- [29] Gonçalves, D., Jesus, R., Grangeiro, F., Romao, T. and Correia, N. 2008. Tag around: a 3D gesture game for image annotation. In: *Proceedings International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 259-262
- [30] Sureshini A. Grandhi, Gina Joue, and Mittelberg, I. 2011. Understanding naturalness and intuitiveness in gesture production: insights for touchless gestural interfaces. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*. ACM, 821-824
- [31] Gamberini, L., Spagnoli, A., Prontu, L., Furlan, S., Martino, F., Solaz, B.R., Alcaniz, M., Lozano, J.A. 2013. How natural is a natural interface? An evaluation procedure based on action breakdowns. *Personal and Ubiquitous Computing* 17:69-79
- [32] Winograd T, Flores F (1986) *Understanding computers and cognition*. Ablex Publishing, Norwood
- [33] Höysniemi, J., Hämäläinen, P., and Turkki, L. 2004. Wizard of Oz prototyping of computer vision based action games for children. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Interaction Design and Children (IDC'04)*, ACM Press, 27 -34
- [34] Corlett, E. N. and Bishop, R. P. 1976. A Technique for Assessing Postural Discomfort. *Ergonomics* 19(2), 175-182
- [35] Kölsch, M., Beall, A. and Turk, M. 2003. An Objective Measure for Postural Comfort. In *Proc. HFES 47th Annual Meeting*
- [36] J. Lorés, T. Granollers, and S. Lana. 2001. Introducción a la interacción persona-ordenador. *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. Editorial UOC
- [37] Hassenzahl, M. 2004. The interplay of Beauty, Goodness and Usability in Interactive products. *Human-Computer interaction*. 19, 319-349
- [38] van Beurden, M.H.P.H., Ijsselstein, W.A. and de Kort, Y.A.W. 2012. User Experience of Gesture Based Interfaces: A Comparison with Traditional Interaction Methods on Pragmatic and Hedonic Qualities. In *Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction and Embodied Communication*. Lecture Notes in Computer Science, Volume 7206, 36-47
- [39] Montero, C.S., Alexander, J., Marshall, M., and Subramanian, S. 2010. Would you do that?—understanding social acceptance of gestural interfaces. In *Proceedings of the MobileHCI 2010*, 275-278
- [40] Rico, J. and Brewster, S. 2010. Usable gestures for mobile interfaces: evaluating social acceptability. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '10)*, ACM, 887-896.
- [41] UX Fellows. Thumbs up to gesture-controlled Consumer Electronics? A cross-cultural study spanning 18 countries on spontaneous gesture behavior. In <http://www.uxfellows.com>. Last visited June 2013.
- [42] Bragdon, A., DeLine, R., Hinckley, K. and Morris, R. 2011. Code space: touch + air gesture hybrid interactions for

supporting developer meetings. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS '11)*. ACM, New York, NY, USA, 212-22

Table 1. Summary of the usability factors and metrics

Attributes	Factors	Definition	Metrics
Effectiveness	Accuracy and error rate	Correctness in recognizing the gestures	Number of recognized gestures regarding the total number of performed gestures
Efficiency	Physical fatigue	Tiredness that appears when interacting with body movements	Subjective assessment (Likert-scales, Borg CR10 scale) User's bio signals
	Duration	How long the user needs to perform the gesture	Time between the start and the end of the gesture
	Cognitive load	Total amount of mental activity imposed on working memory	Subjective assessment (Likert-scale, NASA Task Load Index) Quantity of information that an individual can remember while using the interface
	Learnability and memorability	Learnability, or time to learn, is the time and effort required reaching a specific level of use performance. Memorability, or retention over time, is the ease of system intermittently for casual users	Subjective assessment Number of restarts of a slideshow naming a function and the user performing the related gesture. If the user does not perform the gesture correctly, the slideshow restarts.
Satisfaction	Naturalness and intuitiveness	Naturalness is related with their quality of being real and not involving anything made or done by people. Intuitiveness is the instinctive use of the gestures based on what one feels they should be even without conscious reasoning	Subjective assessment Analysis of breakdowns Bottom-up approach: takes functions and finds matching gestures, Top-down approach: presents gestures and finds which functions are logically matched with those
	Comfort	Comfort is defined as a pleasant feeling of being relaxed and free from pain.	Subjective assessment (Likert-scale, Body Part Discomfort (BPD)) Define the comfort zone
	Ease of use	Little effort to operate with the system	Subjective assessment
	User experience and Satisfaction of use	Pragmatic and hedonic aspects of the system	Subjective assessment
	Social acceptance	Appropriateness of the gesture, by both the user and any observers, in the context in which they are carried out	Subjective assessment

The Application of Situation Awareness-Oriented Design to the Smart Grid Domain

Rosa Romero-Gómez

DEI Lab, Universidad Carlos III
Av. Universidad, 30
28911 Madrid, Spain
+34 91 624 99 60
rmromero@inf.uc3m.es

David Díez

DEI Lab, Universidad Carlos III
Av. Universidad, 30
2nd line of address
+34 91 624 99 60
david.diez@uc3m.es

Sara Tena

DEI Lab, Universidad Carlos III
Av. Universidad, 30
28911 Madrid, Spain
+34 91 624 99 60
stena@inf.uc3m.es

Paloma Díaz

DEI Lab, Universidad Carlos III
Av. Universidad, 30
28911 Madrid, Spain
+34 91 624 99 60
pdp@inf.uc3m.es

ABSTRACT

Situation Awareness (SA) is a key factor in human-supervisory-control activities in which information is continually changing and poor decisions may cause serious consequences. Designing for SA requires the application of specific design principles to develop control systems that assist operators to make sense of the operational environment. This paper describes a case example that shows the application of SA Oriented-Design principles to the definition of an operational user interface in a future-oriented human-supervisory-control context: the Smart Grid domain. This domain is expected to meet future demand and coordinate distributed electricity generation. Different data-gathering techniques have been combined and existing SA Oriented-Design approaches has been adapted in order to design a comprehensive operational system.

Categories and Subject Descriptors

D H5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): User Centered Design.

General Terms

Design, Human Factors

Keywords

Situation Awareness, Smart Grid, operational user interface, design process, secondary research methods

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

1. INTRODUCTION

The current electric delivery system (hereafter “Grid”) is not prepared to coordinate distributed electricity generation and meet future electrical demand needs. In line with this reality, governments and regulators, utility companies, and IT firms are rethinking how the Grid should evolve: the known as “Smart Grid”. This future-oriented setting will provide electric deliver companies with quasi-real-time information to operate the Grid as an integrated system, allowing them to effectively respond to changes in power demand, supply, costs, and emissions.

From the operational point of view, this new reality will be a significant step forward from current scenario, in which operators only have basic and partial information about how the Grid is operating [21]. The ENERGOS project, funded by Spanish CENIT Program 2009, is framed in this context. The main goal of the ENERGOS project is to develop information and communication technologies that support new operational and organizational challenges caused by the Smart Grid. This project, leading by one the most important IT company in Europe, brings together an experienced consortium of 37 partners: 24 technology companies and 13 research institutions, including the largest integrated gas and electricity utility in Spain. One of the main activities of the project is concerned with the operation of the Smart Grid within control rooms. The continuous sensing of the grid state, the increasing interconnectivity and complexity of the infrastructure, and the rising amount of operational information to manage require new control systems that support new operational models. These new models must be based not only on identifying breakdowns but also on anticipating and diagnosing them. In particular, achieving an appropriate Situation Awareness (SA) level by control room operator will be an essential factor [18].

Situation Awareness (SA) can be defined as an internalized mental model of the current state of the operational environment [17]. Designing for SA requires that designers understand how operators acquire and interpret information as well as identify such factors that underlie this process. Hence, generic

methodologies and approaches can be insufficient to understand the way that an integrated system needs to function from a cognitive point of view [19], requiring specific structured approaches to incorporate SA considerations into the design process [7]. This paper describes the design process pursued to apply SA Oriented-Design principles to the definition of an operational user interface in a future-oriented context, the Smart Grid domain. This design process has been constrained by the reduced involvement of primary users, and the need of applying secondary research method to fulfill proposed goals. The aim of the paper is thus to provide lessons and findings on the application of SA Oriented-Design design process as a future-oriented activity.

The rest of the paper is structured as follows. Section two is focused on reviewing the theoretical background of the work. Section three explains the techniques applied to research the operational context. In section four presents the ideation phase of the operational user interface, including the design principles applied and the different prototypes of the system. Finally, a set of conclusions is drawn in the last section.

2. SITUATION AWARENESS

Situation Awareness (SA) has its origins in military context, having had a special signification for describing crew's behavior in military aircraft. Human-interaction experts adopted the term 'situation awareness' in the 1990s as a way to describe the processes of attention, perception, and decision-making that together form a pilot's mental model of the situation [1,11]. Nowadays, SA is one of the most relevant concepts of cognitive engineering, one of the foundations for decision-making and performance, and a relevant factor studied in wide-ranging fields [18].

This awareness of the situation is defined in terms of what information is important for a specific activity; in particular, the concept of SA is usually applied to operational situations where people control the functioning of either a process or a system. Particularly, it has been widely established that SA is a contributing factor to many accidents and incidents in a variety of human-supervisory-control activities. However, defining exactly what constitutes SA has been a challenging task because of the complexity on characterizing the construct in terms of a set of psychological processes. Rousseau et al. [24] performed a systematic classification of twenty-six SA definitions. Among them, three definitions should be highlighted:

'Situational awareness is the conscious dynamic reflection on the situation by an individual. It provides dynamic orientation to the situation, the opportunity to reflect not only the past, present and future, but the potential features of the situation. The dynamic reflection contains logical-conceptual, imaginative, conscious and unconscious components that enable individuals to develop mental models of external events' [5].

'Situational awareness is the invariant in the agent-environment system that generates the momentary knowledge and behavior required to attain the goals specified by an arbiter of performance in the environment' [26].

'Situational awareness is the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and a projection of their status in the near future' [18].

The main difference among the definitions is the degree to which they are concerned with either the process or the product of being aware of the situation [27]. Endsley accentuates the relevance of SA as an outcome to carry out new actions; nevertheless, the other definitions are focused on the process of acquiring a piece of awareness. Since Endsley underlines the idea of future projection, of forecasting a future situation in order to achieve a goal and to resolve a complex situation, which is an essential purpose in human supervisory control [2], her definition will be applied in our work. According to the definition of Endsley, three level of SA can be identified. The first level (*perception*) involves perceiving the status, attributes, and dynamics of relevant elements in the surrounding environment. Level 2 SA (*comprehension*) involves the interpretation of the data and cues perceived in a way that allows an individual to understand its relevance in relation to their task and goals. The highest level of SA (*projection*) involves predicting the future states of both the system and the situation. An individual can only achieve level 3 SA by having a good understanding of the situation and the function and dynamics of the system they are working with [19].

3. INQUIRING THE CONTEXT

The SA analysis phase is devoted to gather operational information associated with the major goals or sub-goals pursued by the operator in performing his/her job [16]. SA analysis focuses not only on what data the operator needs, but also on how that information has to be integrated or combined to support each decision. This analysis has usually been carried out through action-oriented approaches [16]; however, these approaches are focused on eliciting, modelling, and decomposing physical tasks, leaving aside the study of the mental process tackled by the operators. With the purpose of overcoming this limitation, the SA-Oriented Design process relies on a form of cognitive task analysis called Goal-Directed Task Analysis (GDTA) [18]. This method is regarded as a cognitive-oriented approach focused on studying the mental processes that underlie observable behaviour. GDTA identifies the major goals of a particular professional activity, such as decision-making and problem solving, along with the major sub-goals necessary for meeting each of these goals. Compared to action-oriented approaches, the usage of GDTA has increased the understanding of many important cognitive aspects of complex and dynamic environments [14,15].

3.1 Exploration phase

Operating infrastructures needs to be aware of the operational context; that means to be aware of all the incidents, actions, and situations related to the infrastructure, as well as the state of the infrastructure itself. Thus, the first step to design suitable operational user interfaces must be to understand the operational context, the collection of tasks and piece of information that are required to operate the electrical grid. According to the Sheridan's model of human supervisory control [25], this activity can be characterized as a "human-in-the-loop operation". It means that the operator intermittently interacts with a computer, receiving feedback from and providing commands to the grid infrastructure through sensors.

In our case, the inquiring process oriented to achieve this understanding had to face with two main challenges: first all, the Smart Grid should be considered a future-oriented context, so the design of a new control system must be based on expected changes and not on well-known requirements; secondly, the electrical grid is considered as a 'critical infrastructure', so the deep involvement of operators is seldom achievable. With the

purpose of overcoming these constraints, the inquiry process was based on a secondary research approach. The idea was to rely the design of the system on the proficiency and know-how of subject-matter experts (SMEs), instead of the experience of operators. Secondary research refers to the collection and synthesis of existing knowledge. It involves gathering data and information that already exists, including published documents or domain-knowledge provided by experts. Taking as a reference these secondary sources of information, the aim of the inquiry process was twofold: (1) understanding the current operation environments, identifying their main features and shortcomings; and (2) figuring out operational directions for controlling and managing Smart Grids.

3.1.1 Understanding the Grid operation

With the purpose of acquiring both descriptive and procedural knowledge about the Grid operation, three kind of secondary sources were reviewed:

- Control procedures for operating electric grids: fourteen standard operating procedures were reviewed. These procedures encompass the management of normal operation conditions, crisis situations, as well as scheduled corrective action in lines of both medium-voltage and low-voltage level.
- Existing *electric grid control systems*: during two months, the most common control systems currently used for operating the electric-grid were studied.
- Interviews with secondary users. According to Eason [10], secondary users are those who use the artifact through an intermediary. In our case, due to their deep knowledge about the operating tasks, the head and sub-head of the control room of the largest electric utility in Spain were interviewed.

Based on this study, sets of findings related to the operation of the Grid were stated:

- Operators are in charge of supervising planned operations, controlling real-time events and incidents, and reporting critical events and urgent situations to relevant departments, such as the information and public relation department.
- The performance of operators is based on responding to external event on real time. The present monitoring system in a control center depends on state estimators, which are based on data collected via SCADA.
- Operation is based on managing alarms. The current control system gives various types of alarms, being the responsibility of the operator to decide on real time their priority and relevance. Thus, when a severe disturbance occurs, there can be many alarm signals such that the operators may be overwhelmed.
- The control system displays the infrastructure configuration with single-line diagrams (SLDs) that can show which buses are connected. However, these diagrams are not exactly matched to the geographical location.
- The status of the Grid is represented by different views: the aforementioned SLDs, tabular representations of state estimation, and lists of alarms. Depending on the task, the operator must simultaneously interact with all these views.
- Data-centric user interface design. The user interface of existing control systems is built around the nature of underlying operational data structures.

3.1.2 Envisioning Smart Grid operation

In order to foresight future control rooms, the following techniques were carried out:

- Literature review on characteristics [6,20,21] and operating trends [7] in Smart Grids.
- Semi-structured interviews with domain experts. A total of ten interviews with electrical engineering, software engineers, energy market specialist, and data architect were performed. During these interviews, SMEs were inquired about the functions of future smart control rooms and the roadmap towards an implementation of these functions.
- Exploratory focus groups. With the purpose of sharing visions, confronting opinions, and emerging alternative, two exploratory focus group studies were carried out. Each focus group had three conductors: a facilitator and two writers (see Figure 1). The facilitator introduced topics collected during the semi-structured interviews, and the writers took notes in order to assure the investigator triangulation [9].

The main conclusion of this study was the expected shift of the role of the operator from a reactive behavior to a more proactive performance. Future operating is expected to look-ahead the state of the infrastructure in order to anticipate actions. Specifically, the following insights were identified:

- The functions of future smart control rooms can be classified as monitoring functions, assessment functions, and controllability. The first two tasks will be oriented to know the state of the electrical-grid, and the third one to manage it.
- Operators should deal with streaming data from multiple sources of information. Particularly, the system-level information will be collected from the state measurement module on quasi real time.
- Geographical information system (GIS) will be broadly used to combine state measurement data with geographical information in order to achieve a global supervision of the grid.
- In the future, alarm management systems will have more and more relevance, assisting not only the real-time detection of failures but also the diagnosis of abnormal situations.
- Flexible and comprehensive operating systems will be required. Further control rooms should offer customizable and user-friendly operating tools.



Figure 1. Exploratory focus group with SMEs about the perspectives for operating Smart Grids

3.2 Synthesis phase

The purpose of the synthesis phase was to combine the information collected to form a connected and comprehended view of the operating labor.

After collecting the information, two analysis sessions were performed. The result of these sessions was an alignment diagram that summarizes the operating labor, identifying the discrete steps of the process as well as the problems and issues with each step. Additionally, it was defined an affinity diagram that outlines the main goals and tasks of the operator. These patterns of information were analyzed in deep, mapping goals, tasks and steps in order to make structured findings; this means research data put into a form that can be easily understood. In our case, following the recommendations of the SA methodology, two different representations of findings were used: OFM [3] and GDTA [18] diagrams. These two diagrams allowed us to identify both physical and cognitive tasks that must be performed by the operators to control the electrical grid.

3.2.1 Function modeling

Operator Function Model (OFM) is a widely used method in the design of automated supervisory control systems [3]. This technique allows representing the important triggering events, the flow of tasks, and information the needed to perform the operation. As a result of our study, fourteen OFM diagrams, one per each aforementioned procedure, were defined. These diagrams do not represent low-level actions, which may changes dependent on the control technology, but high-level tasks and the conditions that initiate or terminate them. An example of an OFM diagram is shown in Figure 2.

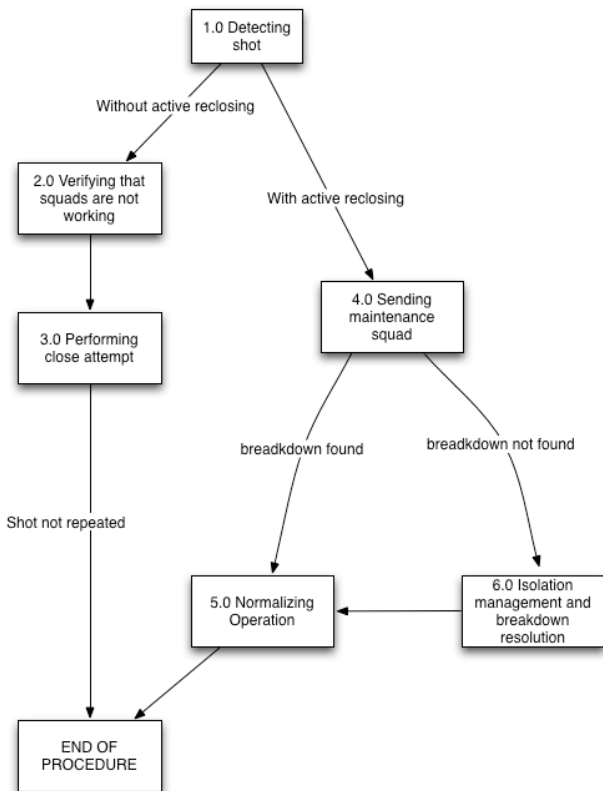


Figure 2. Example of an OFM diagram

3.2.2 Cognitive modeling

GDTA uses a diagram format similar to hierarchical task analysis to represents the cognitive aspects of the operating labor. As the OFM diagram, the GDTA diagram concentrates on the organization of an operator’s goal and not on low-level operations with the control system. For each of the operator’s goal, the diagram represents its subgoals, the tasks to achieve these subgoals, and the information needed to perform the tasks. Our complete GDTA diagram includes 4 goals, 17 subgoals and 50 tasks. Figure 3 shows an extract of the GDTA diagram, stressing the four main operator’s goals:

- **Monitoring:** reviewing the status of the Grid in order to detect and register potential incidents.
- **Control:** focused on supervising the performance of planned operations and managing both events and incidents.
- **Planning:** it is depicted as the Grid status estimation, definition of contingencies analyses and prioritization of activities.
- **Reporting:** operators have to process the gathered information in order to indicate what happened. Reporting goal increases its relevancy in crisis situations at which managers need to know the situation state in each moment.

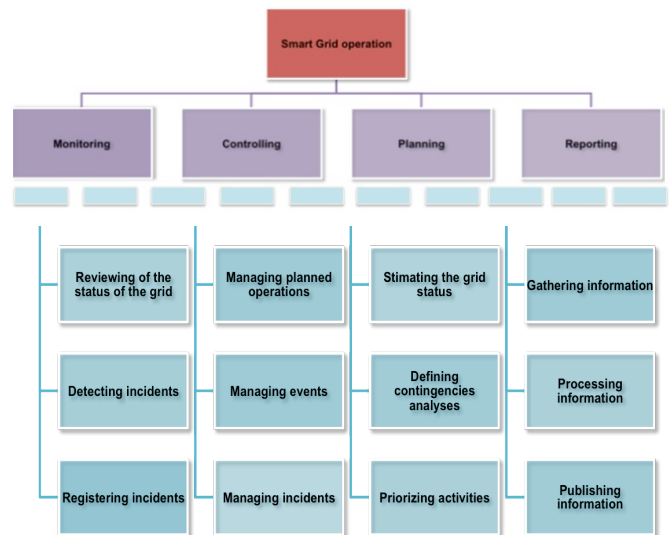


Figure 3. An extract of the GDTA diagram defined for operating Smart Grids

4. IDEATING THE SOLUTION

Prior to defining the final structure and appearance of the user interface, an ideation phase was performed. The ideating phase was aimed at identifying the design rationale that addresses the design of the solution. With such a purpose, two main design artifacts were used:

- **Design principles.** Design principles are a set of states defined to help guide design decisions throughout the remainder of the process. They can be regarded as prescriptive artifact based on both the practical experience and the theory.
- **Prototype.** A prototype can be defined as model built to test a concept or process. A prototype is a conceptualization that allows designers, stakeholders, and users to “develop a common understanding of what the system might do and what it might look like” [28].

The outcome of this phase was a proof of concept that demonstrates, on the one hand, the technical feasibility of our solution and, on the other hand, and even more important, the operational achievability of the operational user interface.

4.1 Design principles

The most applied tools for creating SA-Oriented designs are the fifty design principles proposed by Endsley [4,13,22]. These principles are based on a model of human cognition involving dynamic switching between *goal-driven* and *data-driven* processing, and feature support for limited operator resources [18]. Endsley's design principles underpin not only SA design interface issues, but also how to design automated systems, dealing with complexity or uncertainty.

One of the most significant findings of the analysis stage was the need of operators to trade with huge pieces of information, information collected from different sources and related to different goals. Thus, the main design goal of our work was not to deal with issues such as diagnosis, alarm management or automation, but to transmit information to the operator without undue cognitive effort. Consequently, the design of the solution was based on those principles about presenting information:

- P1: Organize information around goals. Designers should focus on defining goals-oriented displays.
- P2: Provide assistance for projections. The system needs to anticipate the possibility of happening of future situations. Using temporal-based visualizations to show tendencies is a key to assist projection.
- P3: Support for global SA. The operator needs to visualize the global situation with detailed information for each goal.
- P4: Support trade-offs between goal-driven and data-driven processing. Display designs need to take into consideration both top-down and bottom-up processing.
- P5: Make critical cues for schema activation salient. Relevant events should be highlighted on the display so the operator can change the goal in critical conditions.
- P6: Use information filtering carefully. The system should filter the information needed for operating the infrastructure in order to narrow his attention.

As it was identified in the analysis stage, see sections 3.1.1 and 3.2.2, operators need to be aware of the performance of other roles, such as field personnel, members of the information and public relation department, or other operators. Thus, the following principles for supporting team operations were also considered:

- P7: Build a common picture to support team operations. While the picture provided to each team member needs to be tailored based on his/her goals, some commonality needs to be provided to avoid operational disagreements.
- P8: Support transmission of SA within positions by making status of elements and states overt. Information, actions, and events should be quickly and accurately communicated across team members without creating overload.

4.2 Prototyping the solution

Prototypes are useful from a variety of aspects. They can be used for envisioning the solution, for communicating their purpose and functionality to potential users, for testing and evaluating certain features or ideas, etc. In our case, prototypes were considered as a key to reflect in-action on the design. By iteratively study

different versions, it was identified the most important aspects of the solution as well as its main contributions. The process compiles three iterations oriented to elaborate successive prototypes, each of them more advanced than the previous one. At the end of each of these iterations, a confirmatory focus group with domain experts was carried out. These focus groups allowed designers to identify gaps, problems, and strengths, as well as validate the functionality of the prototype.

4.2.1 First step: conceptualizing the solution

The conceptualization of the solution was based on a user interface wireframe (see Figure 4). Wireframe is stated as suitable tool for communicating to customers the content and layout of interfaces as well as serving as a blueprint for designers.

According to the first aforementioned principle for SA (P1), the interface layout of the solution was organized in terms of the operator's major goals. Based on the different modes of achievement of these goals, the *monitoring* and *controlling* areas are reserved to display Grid views that provide the operators with a broad overview of its state at all times (P3), as well as to direct them to critical information (P5) that indicates a need to switch goals (P4). Since these areas support the most significant operating tasks, there are located in the central space of the frame. In order to give assistance to the projection of future trends or problems (P2), the *projection* area is reserved for displaying spatiotemporal information. Regarding the necessity of tracking activities on the Grid, a specific overview-area divided into two physical spaces, one at each end of the frame, was defined. These spaces, called *external cognition* areas, support operators in externalizing what needs to be done and relevant operating changes that are taking place (P8).



Figure 4. Low-fidelity prototype. The prototype was oriented to define the layout of the user interface

The confirmatory focus group was conducted to evaluate two main features: the feasibility of the user interface to perform operating tasks and its capability to support external cognition. Regarding the operating tasks, domain experts highly appreciated the global overview of the grid provided by the combination of different views and tasks in adjoining areas; however, they articulated their concern about the way of interacting with these different views. As far as the external cognition is concerned, experts positively highlighted the integration of annotation and cognitive tracing elements into the system. Based on the idea of integrating all the operating elements into a control system, domain experts proposed the addition of synchronous and asynchronous messaging mechanisms into the external cognition area as a way of enhancing the activity awareness of operators.

4.2.2 Second step: getting concrete

The second prototype was aimed to define specific information nodes and interface components. The layout established by the first prototype was considered as the foundation for carrying out this more-detailed design.

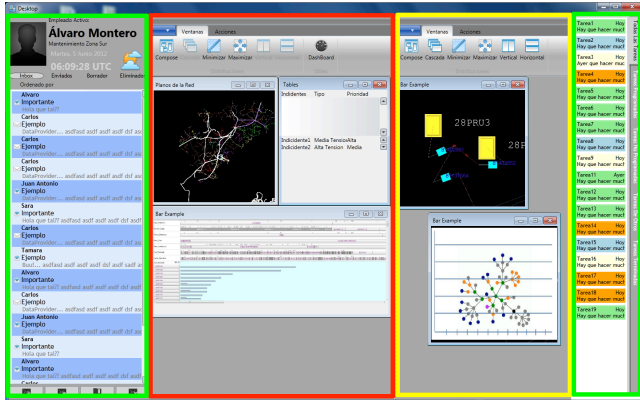


Figure 5. High-fidelity prototype. The prototype was oriented to define the information architecture of the system

As shown in Figure 5, the user interface was divided into three main areas (P1): *monitoring* (framed in red), *control* (framed in yellow), and *communication* areas (identified by using green frames). Following paragraphs describe these three areas:

- **Monitoring area.** Monitoring the Grid implies make sense of the current state of the infrastructure, which means being aware of critical events, abnormal situations, and electrical values such as voltage or active power. This information is provided by means of two graphical views and a tabular view of alarms (P4). The first graphical view, which is called positional view, is focused on displaying information about the connectivity in the Grid related to its geographical position. The Grid mapping depends of the electrical values. The second one is a parallel multivariate visualization oriented to provide an overview (P3) of incidents and critical events grouped by time, type, and electrical devices. Finally, the tabular view of alarms corresponds to a vertical list that represents reported alarms in the Grid (P5). The tabular view provides several sorting and filtering mechanism to hide, organize, and search information depending on the operating situation (P6). All these views are coordinated among them.
- **Control area.** Controlling the Grid involves knowing both the set of events and the connectivity attributes of a specific Grid area in order to support low-level actions. According to the knowledge acquired during the exploration phase, two schematic graphical views display this information: a single line diagram (SLD) and a topological and temporal diagram (TTD). SLD is focused on the connectivity in the grid and does not maintain geographical distance between electrical devices. TTD represents the event registered in a specific control area based on their topological and temporal relationships. This view allows operators to identify patterns, correlations, and tendencies, supporting the projection of the situation (P2). Since controlling and monitoring tasks in some operating situations are not executed at the same time, these views are not shown all the time, but displayed on-demand in a collapsible pane [23] that when expanded, is docked with the main interface and does not block the main graphical views.

- **Communication areas.** These areas support synchronous and asynchronous communication among operators, and also among operators and field personnel. Within the area positioned of right, operators would be able to create, filter, and prioritize all the information related to relevant events happened on the Grid (P7, P8). In order to convey these types of information, there are used color categories [23]. Meanwhile, the area positioned on the left supports the communication in real-time with other operators, personal, or department.

During confirmatory focus group, SMEs proposed two main updates: including a geographical view of the Grid and detailed information representations. The geographical view is an overview of the power grid's geographical area. The purpose of this view is to show overall status of the Grid. Regarding detailed information views, it refers to numerical values that operators constantly need to supervise. These suggestions were conveniently analyzed, updating the design as explained below. This redesign was not oriented to modify the philosophy of the system, but the kind of visualizations applied to show specific information.

4.2.3 Third step: a proof-of-concept

The last iteration was aimed to develop a horizontal prototype that allowed us both to confirm the user interface requirements and to verify that the proposed solutions had the potential of being suitably implemented. This interactive prototype (see Figure 6) was developed in three months, integrating the following modifications:

- Based on the opinions of SMEs, the design of the monitoring area was changed. Instead of providing different views of events and electrical devices, it was decided to provide a geographical view as driven element, displaying the rest of the information on demand by using popup views.
- Direct manipulation, such as *drag and drop* techniques, in order to create and prioritize information on the interface. For instance, operators can create messages related to vulnerabilities on electrical assets by dragging its specific location on a Grid map and dropping it on the asynchronous communication panel. This action creates an item on this panel that can be revisited when it is needed. Additionally, this item is colored accordingly to the type of information that it contains.
- Geometric zooming techniques, such as *focus+context* technique, in order to support getting more-detailed information from the different Grid views. For example, if several alarms are reported in a specific Grid area, operators can get more detailed information about them without losing a global overview of the status of the Grid and their global relationships.

Figure 7 exhibits the deployment of this software prototype in a curve display with a native resolution of 2880x900 and flat dimensions of 40.8''x12.8''. By using this display, the proof of concept was evaluated by a group of SMEs, collecting their opinion about the viability of the solution to control the Grid. In this case, all the experts assessed the solution as feasible and accurate.

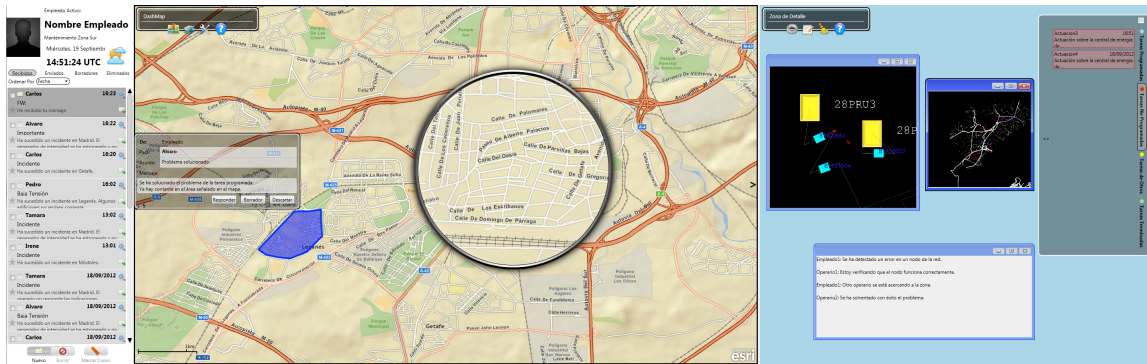


Figure 6. Software prototype developed with Windows Presentation Foundation



Figure 7. Software prototype displayed on a curve monitor

5. CONCLUSIONS

The Smart Grid domain is a developing operational environment expected to meet future demand and coordinate distributed electricity generation. This domain will be characterized by the operation of a critical infrastructure and the management of wealth of information collected by thousands of distributed sensors. In this context, SA can be considered as a key factor during the design process of a control system interface.

Due to the impossibility of achieving both the user's involvement and a complete knowledge about a developing environment, the gathering of SA requirements was based on expert elicitation, the study of control procedures and documentation for operating electric grids, and the review of existing control systems. To elicit experts' knowledge, methods such as exploratory focus group and semi-structured interviews were performed. The accomplishment of a complete GDTA diagram suggests that in some context to which users' behavior is procedural, the application of primary research sources is not mandatory, and even self-defeating. Besides, in this kind of contexts, the application of user-centered design approaches based on primary users can be effectively replaced by an expert-centered design approach. Additionally, the usage of prototyping as main design technique has revealed as a knowledgeable approach, allowing the designers to progressively increase their understanding about the domain, to continuously identify new requirements, and to increasingly incorporate new features and functionalities.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The ENERGOS Project, funded by the Centre for Industrial Technological Development (CDTI) of the Ministry for Science and Innovation of Spain, has supported this work.

7. REFERENCES

- [1] Adams, M. J., Tenney, Y.J. and Pew R.W. 1995. Situation Awareness and the Cognitive Management of Complex-Systems. *Human Factors*, 37, 1 (March 1995), 85-104 DOI=[10.1518/001872095779049462](https://doi.org/10.1518/001872095779049462)
- [2] Alberts, D. S. and Hayes, R. E. 2006. *Understanding Command and Control*. Washington D.C.: CCRP Publications Series.
- [3] Anastasi, D., Klinger, D., Chrenka, J., Hutton, R., Miller, D., and Titus.P. 2000. CFM: A software tool to support cognitive function modeling in system design. In *Proceedings of Human Perf. Situation Awareness & Automation: User-Centered Design for the New Millenium*. Savana, GA, 41-46.
- [4] Ashis, J., Badke-Schaub, P. 2001. Situation awareness in medical visualization to support surgical decision making. In *Proceedings of ECCE*, ACM Press, 201-208. DOI=[10.1145/1962300.1962341](https://doi.org/10.1145/1962300.1962341)
- [5] Bedny, G. and Meister, D. 1999. Theory of Activity and Situation Awareness. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 3, 1 (Jun 1999), 63-72 DOI=[10.1207/S15327566IJCE0301_5](https://doi.org/10.1207/S15327566IJCE0301_5)
- [6] Brown, R.E. 2008. Impact of Smart Grid on distribution system design. IEEE Power and Energy Society General Meeting Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century (Pittsburgh, PA, July 20-24, 2008), 1-4. DOI=[10.1109/PES.2008.4596843](https://doi.org/10.1109/PES.2008.4596843)
- [7] Clark, A., Pavlovski, C.J., Fry, J. 2009. Transformation of energy systems: The control room of the future. In *Proceedings of Electrical Power and Energy Conference* (Montreal, QC, Oct. 22-23, 2009), 1-6. DOI=[10.1109/EPEC.2009.5420865](https://doi.org/10.1109/EPEC.2009.5420865)
- [8] Crystal, A. Ellington, B. 2004. Task analysis and human-computer interaction: approaches, techniques and levels of analysis. In *Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems* (New York, NY, August, 2004), 1-9.
- [9] Denzin, N. 1984. *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall

- [10] Eason, K. 1987. *Information Technology and Organizational Change*. London: Taylor and Francis.
- [11] Endsley, M. R. 1995. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic-Systems. *Human Factors*, 37(1) (March 1995), 32-64. DOI= [10.1518/001872095779049543](https://doi.org/10.1518/001872095779049543)
- [12] Endsley, M. R., Bolté, B and Jones, D. G. 2003. *Designing for Situation Awareness: An Approach to User-Centered Design*. Boca Raton: CRC Press
- [13] Endsley, M.R., Kiris, E.O. Information presentation for expert systems in future fighter aircraft. *International Journal of Aviation Psychology*. 4, 4 (Nov. 1994), 333-348 DOI= [10.1207/S15327108IJAP0404_3](https://doi.org/10.1207/S15327108IJAP0404_3)
- [14] Endsley, M.R., Rodgers, M.D. 1994. *Situation Awareness Information Requirements for En Route Air Traffic Control*. Report No DOTFAAAM9427 Federal Aviation Administration Washington DC December.
- [15] Endsley, M.R, Farley, T.C., Jones, W.M., and Midkiff, A.H. 1998. *Situation Awareness Information Requirements for Commercial Airline Pilots*. International Center for Air Transportation. Department of Aeronautics and Astronautics. MIT.
- [16] Endsley, M.R. 1988. Design and evaluation for situation awareness enhancement. In *Proceedings of Human Factors Society 32nd Annual Meeting. Human Factors and Ergonomics Society*. 32,2 (Oct. 1988), 97-101. DOI= [10.1177/154193128803200221](https://doi.org/10.1177/154193128803200221)
- [17] Endsley, M. R. 2001. Designing for situation awareness in complex systems. In *Proceedings of Second Intentional workshop on symbiosis of humans, artifacts and environment* (Kyoto, Japan, 2001)
- [18] Endsley, M.R., Bolté, B., Jones, D.G. 2003. *Designing for Situation Awareness*. Taylor & Francis.
- [19] Endsley, M.R., Boldstad, C.A., Jones, D.G., and Riley, J.M. 2003. Situation Awareness Oriented Design: From User's Cognitive Requirements to Creating Effective Supporting Technologies. In *Proceedings of Human Factors and Ergonomics Society 47th Annual Meeting* 47, 3(Oct. 2003), 268-272. DOI= [10.1177/154193120304700304](https://doi.org/10.1177/154193120304700304)
- [20] Farhangi, H. The path of the smart grid. *IEEE Power And Energy Magazine*, 8, 1 (Jan-Feb. 2010), 18-28. DOI= [10.1109/MPE.2009.934876](https://doi.org/10.1109/MPE.2009.934876)
- [21] Frye, W. 2008. *Smart Grid Transforming the Electricity System to Meet Future Demand and Reduce Greenhouse Gas Emissions*. Internet Business. Sustainable Energy, Cisco Internet Business Solutions Group.
- [22] Klein, A. G., Calderwood, R., and Macgregor, D. 1989. Critical Decision Method for Eliciting Knowledge. *IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics*, 19, 3 (May-Jun 1989) 462-472. DOI= [10.1109/21-31053](https://doi.org/10.1109/21-31053)
- [23] Mitchell, C.M., Roberts, D.W. 2009. *Model-Based Design of Human Interaction with Complex Systems*. Handbook of Systems Engineering and Management, Wiley.
- [24] Rousseau, R., Tremblay, S. & Breton, R., 2004. Defining and modeling situation awareness: a critical review. In *A cognitive approach to situation awareness: theory and application*. S.Banbury and S. Tremblay. 3-21.
- [25] Sheridan, T. B., 1992. *Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control*. The MIT press.
- [26] Smith, K. and Hancock, P.A. 1995. Situation Awareness is Adaptive, Externally Directed Consciousness. *Human Factors*, 37, 1 (March 1995) 137-148. DOI= [10.1518/0018722095779049444](https://doi.org/10.1518/0018722095779049444)
- [27] Stanton, N. A., Chambers, P.R.G. and Piggott, J. 2001. Situational Awareness and Safety. *Safety Science* 39, 3 (Dec. 2001) 189-204. DOI= [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535\(01\)00010-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00010-8)
- [28] Warfel, T.Z. 2009. *Prototyping: A Practitioner's Guide*. Rosenfeld Media.

User-centred design for industrial designers

Pere Ponsa
Kevin Garvin, Fernanda González
Raïssa Ruegger, Larissa Santos
Barcelona Tech University
Av. Victor Balaguer, 1, 08800
Vilanova i la Geltrú, 0034938967231
pedro.ponsa@upc.edu

Toni Granollers
GRIHO research group
C Jaume II, 69,
University of Lleida
Campus Cappont
0034973702750
antoni.granollers@udl.cat

Ramon Vilanova
Telecommunications and Systems
Engineering department
School of Engineering
Universitat Autònoma Barcelona
0034935812197
ramon.vilanova@uab.cat

ABSTRACT

The association between human computer interaction methods within traditional design methods is presented in this paper. The engineering degree of industrial design and product development is composed by subjects and an international mobility program that facilitates this relationship. For this reason the role playing model is used with the aim to work with multidisciplinary teams. This paper shows study cases of interactive systems: design, prototype devices (vibrating bracelet) and evaluation of small interfaces (Tablet PC) and the assessment of this teaching experience.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2. Information interfaces and presentation: User interfaces – evaluation/methodology, user-centered design.

General Terms

Measurement, Design, Human Factors.

Keywords

Role playing, interactive systems, usability.

1. INTRODUCTION

Within the engineering degree in Industrial Design and Product Development at the technical school of Vilanova i la Geltrú, we have been working on the inclusion of human centred design methodologies inside the curriculum for the last four years. In the first academic year, we have an “Accessibility and Innovation” subject where students follow the model process engineering approach by Toni Granollers [1] taking into account the design of interactive systems and design for all approaches. During the third academic year, there are a set of subjects in user centred design. The subjects are: “Human-System interaction”, “User centred design and inclusive design” and “Usability and accessibility engineering”. The “Human-System Interaction” subject shows the basic methods and tools from the point of view of interaction design. Finally, during the last academic year, these engineering design students have the possibility to begin the International

Design Project Semester beside international students.

The *International Design Project Semester* (IDPS) is an innovative training program which addresses the new professional demands that future engineers will need to face. The program focuses on industrial design and adheres to the learning outcomes established by the European Higher Education Area. The IDPS is one-semester course designed to train third-year industrial design engineering students to work in international teams. In the IDPS, an international team of students works on a real-life project. The IDPS has two complementary parts:

- **Courses** (12 ECTS): Four core courses are offered during the semester. Each of these is made up of 20 contact hours plus assignments and a final evaluation.
- **Final degree project** (18 ECTS): During the semester and under the guidance of an academic tutor, an international team of four to six students works on a real-life project.

The following courses are included in the IDPS study program: Eco design, Social Sustainable Design, Human Centred Design, Visual Business, Graphical Visualization of systems, Minding the gap and Spanish language for Foreigners. The IDPS will enable students to apply technical knowledge acquired during the previous years of their engineering education to real, practical projects. The program also offers the opportunity to learn to work in teams in an international and multicultural atmosphere, similar to that found in many companies nowadays.

In the current edition of the IDPS program, the 14th engineering students came from Europe (Denmark (1), Sweden (2), Ireland (2) and Spain (2)); and Latin-American (Brazil (3) and Mexico (2)).

With the objective to reduce the gap between the research activities of industrial designers and the Human Computer Interaction HCI materials and methods, a Human Centred Design (HCD) subject is presented in the second section of this paper [2], [3]. The third section explains the use of the role playing model inside the Human Centred design subject. This model increases the interaction between designers, users and stakeholders. In this section, we show that is possible to include user experience aspects and measure the system usability scale to the design of new products. The fourth section explains the set of final projects inside the IDPS program and the relationship between the contents of these projects with HCI. The fifth section shows details of a final degree project related to the design of small screens. In this sense, an informal evaluation study of three tablets PC is presented with the help of three designers in the role of

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

facilitators and nine industrial designers in the role of end-users. Finally, conclusions and future lines are shown.

2. HUMAN CENTRED DESIGN SUBJECT

Engineering students are spared into three groups attending that they are just arrived to the Technical School and they must work together in the IDPS project along with the normal semester (February to July). The HCD course was developed as a three day intensive subject (February 2013) with a total number of 11 engineering students (Industrial Design, Business Management). The criteria for the group composition are: one HCD group has the same members as a IDPS project group; no more than one nationality in the same group; mixing male and female students inside a group; grouping multidisciplinary engineers together. The previous background in HCI is low. Some of these students show basic knowledge of human factors and ergonomics, however there is a lack of knowledge in HCI methods, specifically in the concept of model process engineering (software engineering), evaluation methods, user experience and usability. For this reason, the aim of the HCD subject is to show basic methods and tools of HCI and project the relation of HCI and design beyond the subject. In the context that future design engineers understand that they can include the human centred design approach along their professional activities.

3. STUDY CASE IN THE CLASSROOM: ASSISTIVE TECHNOLOGY

Some case studies were considered in the application of role playing model in the classroom. We show a study case in assistive technology.

3.1 Study case 1

This study case has three steps:

- A Discussion topic: Design of a vibrating bracelet for deaf people and hard hearing people. This is a portfolio supplied by the teacher of two pages.

Role assignation: the group 1 in the role of End User; the group 2 in the role of Industrial designer; and the group 3 in the role of Services Enterprise.

Before beginning: It is necessary to define important aspects of deaf and hard hearing people (group 1); to develop a prototype of a vibrating bracelet (group 2); and make a list of services for deaf people (group 3).

Next step: it is necessary to prepare a report and an oral presentation

- B During the role play: The instructions are: Listening to the other role players. One can attack and defend (please, be polite) and discuss. Try to use expressions for expressing opinions, interrupting, agreeing:

“You’re right; I’m afraid, you’re wrong, In my opinion, I’m afraid I disagree, Can I add something here?, Whatever you say.

- C Final Assessment. Interaction between different role players, peer assessment and the quality of the final report are considered.

SUS score

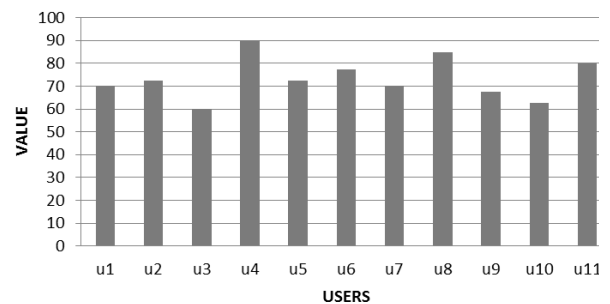


Figure. 1. System Usability Scale

3.2 Satisfaction questionnaire

The vibrating bracelet designed by group 1 allows us to prepare a satisfaction questionnaire. In this work, we are using the System Usability Scale (SUS). The SUS system usability scale is a set of 5 -point-Likert questions with a final score (from 0 to 100) that allow us to measure the user satisfaction [4]. The Figure 1 shows that nine out of eleven students have a score above the value 70.

3.3 Teaching group skills

From the point of view of developing a teaching approach to group skills we are following the Teamwork evaluation form from Lingard and Barkataki [5]. Within a group, the member 1 shows a poor communication compared to other group members, however individual assignments on time completed; member 2 shares knowledge with others between human factors and the industrial design relationship; member 3 shows ability in the oral presentation with a good synthesis in relevant aspects of end-user role and early feedback to the rest of the class; member 4 has ability in prototype development. With the aim to define the user requirements, the group 2 shows good interaction with the group 1. In the group 3 we observe a positive attitude to do research and gather relevant information.

4. FINAL DEGREE PROJECTS

In the current edition of the IDPS program and the European Project semester (EPS), the total number of projects is ten. Students have four months to develop the project within a continuous feedback by a teacher, industrial supervisor or research supervisor. “The autonomous acoustic buoy” is focused on the electronic development of an acoustic buoy and is not related to HCI. “The Motorization and improvement of a wheelchair” follows the classical point of view of an engineering project: when the wheelchair prototype is finished then it is used by a child with motion impairment. “The Chloride reduction from brackish water by hollow fiber supported liquid membranes (HFSLM) using ionic liquids as a carrier” project is related inside the chemistry domain and it’s not related to HCI. “The outboard electric propulsion” project is related to the design of an electric propulsion system for the local fishing industry. This project includes a chapter related to ergonomics (anthropometrics dimensions of arm and hand) related to the use of the outboard system. “The Creating a new urban element to turn Vilanova i la Geltrú into a Smart City” project is focused on the creation of an electronic urban node. The second part of this project is

developed for industrial designers and takes into account a user-centred approach (display design, ergonomics considerations related to anthropometric dimensions of Spanish population, meeting with experts, surveys to the citizens). “The WC cubicle” project takes into account the design of a WC cubicle for Indian population within the collaboration of a famous Spanish enterprise leader in this domain. In this sense, the industrial designers analyze cultural, technological and emotional aspects (acceptation of the product, empathy). Finally, “The design of small interfaces” project follows a human-centred approach in the context of improving the relationship between design methods and HCI methods and within the collaboration of teachers from three Catalan Universities. This project has an analysis requirement phase (context, market, trends in the design of small interfaces), a development of a guideline for small interfaces and informal usability studies with Tablet PC trying to understand and find usability problems.

The next section shows an example of a study case inside this last project.

5. STUDY CASE IN THE LABORATORY: THE USE OF TABLET PC

Informal evaluations can be done with nothing more than the knowledge you have from experience [6]. In this section the method called “five steps to a user-centred expert review” is applied in the study of three Tablet PC usability problems. The Tablet 1 is a low cost 5” Spanish Tablet. The Tablet 2 is a famous and competitive 7” Tablet. The Tablet 3 is a 8” Tablet adapted to the use of e-book readers. The authors of this method are Whitney Quesenberry and Caroline Jarrett [7]. The method follows a sequence of steps for example “Who is using this product” and aspects related to relationship, conversation, interaction and appearance. This informal method is important because it is the first step to establish a relationship between the industrial design methods and the HCI methods [8]. [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17] and allow us to prepare a usability study.

The objective of the test is to study the quality use of a Tablet PC. The focus is not on the user behavior, but on usability problems with the use of new technologies. The users group that was interviewed was a sample of nine EPS students with ages ranging from 19 to 25. Each student had to complete 16 tasks on each tablet. The set of tasks are:

- 1 Turn on
- 2 Unlock
- 3 Change the language; put the Tablet in Spanish
- 4 Change the language: put the Tablet in English, after continuous the test with the Tablet in English
- 5 Connect on the internet
- 6 Open Youtube from the browser
- 7 Search for the video: “iPhone 5 (parody)”
- 8 Open this video
- 9 Increase the volume
- 10 Put it full screen
- 11 Stop the video and exit internet
- 12 Access to the rest of applications of your Tablet
- 13 Take a photo with the camera
- 14 Access to the gallery folder
- 15 Close all applications
- 16 Turn off

This experimental test has a duration time of 45 minutes and was developed in laboratory conditions in May month.

At the end of the tasks, users answer 7 questions about the hand posture preference, the preferred tablet, finger part used, etc. From the point of view in the assessment of these devices, here we have the comments of three users:

- “The Tablet3 was easy to use and handle with minimal icons and a clear simple interface. However it takes time to turn it on”;
- “With the Tablet1 it’s a totally different interface thus it was much harder to figure out the buttons, but once one does that, you get used to it quite nice”;
- “The Tablet2 was very similar to the Tablet3 as I was able to pick out and recognize applications. However they were much smaller and sometimes hard to see and press. This Tablet does not have a back camera”.

A discussion with users shows that the weight of Tablet 3 is considerable and is difficult to hold. For one female user the Tablet 3 was difficult to hold with both hands and do the tasks at the same time because she had small hands and needed to do a physical effort with her fingers. So it’s important to take into account some human factors aspects related to the use of the Tablets (the thumb problem, the size of the human hand, the thickness of the index finger).

The 66% of the interviewed users prefer the hand posture “Thumb Extended with Thenar Support”, 25% prefer “Thumb Wrap’ posture” and 9% prefer “Flat Hand’ posture” and 75% of the interviewed users use fingertip, the rest, 25%, use finger pad.

The 50% of the respondents have problems with the size of the targets, the majority think that it is small, against 42% that do not have problems.

The 50% have vision problems with Tablet 1, 17% with Tablet 3 and nobody with Tablet 2, and also 33% do not have vision problems at all.

One of the questions was about the preference of the tablets, and the respondents had to analyze all the information involved and justify it. 58% said that prefer Tablet 2, 34% Tablet 3 and only 8% Tablet 1.

Moreover, 33% of them prefer other devices to complete similar tasks.

Half of the respondents did not have previous knowledge about mobile devices and 75% do not use tablets, but 25% said that depending on the tasks the tablet is not the first choice, for example to work and research. The computer is still preferred.

If we compare the average time of the 16 tasks, the fastest one is Tablet 3 (180 seconds in total), then Tablet 1 and 2 with a similar time (204 seconds).

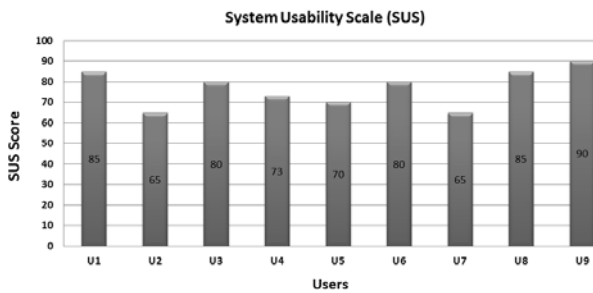


Figure. 2. SUS in the use of Tablet PC

5.1 Satisfaction questionnaire

The SUS was applied to 9 EPS students after they operated 3 different tablets and some conclusions were made based on the data. All students disagree or strongly disagree with this 3 sentences: “4- I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system, 8 - I found the system very cumbersome to use, 10 - I needed to learn a lot of things before I could get going with this system”. All students agree or strongly agree with this sentence: “5 - I found the various functions in this system well integrated.”

The users found some difficulties on the operation of the system because sometimes the interface and what they are supposed to do is not so clear, so they agree that they have to get used to the interface first, and then they can operate quite well. They recognize that tablets are an excellent tool for business, studying or entertainment. The test shows that tablets have an average score of 76.94.

6. CONCLUSIONS

The teaching experience in user-centred design approach for industrial design and product development engineers is presented in this paper. The International Design Project Semester is an academic framework where it is possible to link the capacity to reflect on experience and the development of professional skills. Preliminary results in the Human centred design course show that the use of the role playing model in the classroom can be useful for teaching assessment of group skills.

From the point of view of research projects, the final project presented in this paper shows that is possible to establish a relationship between design methodology and HCI materials and methods. With the use of an informal evaluation of small interfaces (Tablet PC) the authors can detect usability problems and prepare a framework for the development of a guideline for small interfaces.

7. ACKNOWLEDGMENTS

This work is supported in part by an economic aid of our University and supported in part by a Spanish CICYT program, DPI2010-15230.

8. REFERENCES

[1] Granollers, T 2013. Model process engineering in usability and accessibility. At URL: <http://www.grihohcitoools.udl.cat/mpiu/>, last visited: 12 th june 2013

- [2] Giacomini, J. 2012. What is human centred design? 10th Conference on Design Research and Development, P&D Design 2012. At URL: <http://hcdi.brunel.ac.uk/files/What%20is%20Human%20Centred%20Design.pdf>, Last visited: 15 th April 2013
- [3] ISO. International Organization: ISO 9241-210 Ergonomics of human-system interaction--Part 210 Human centred design for interactive systems, 2010. Enlace URL: <http://www.iso.org/iso/>
- [4] Brooke, J. 1996. SUS: a "quick and dirty" usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- [5] Lingard, R., Barkataki, S. 2011. Teaching teamwork in engineering and computer science. *41 th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*.
- [6] Barnum, C. 2010. Usability, testing, essentials: ready, test,..., test!. Elsevier.
- [7] Quesenberry, W., Jarrett, C. 2007. Conducting a user-centered expert review. STC 2007. At URL: http://www.wqusability.com/handouts/expert_reviews_stc2007.pdf, last visited: 15 th April 2013.
- [8] Albers, M., Mazur, B. (ed), 2003. Dimensions of Usability in *Content and Complexity: Information Design in Technical Communication*. Erlbaum
- [9] Kortum, P. (ed.) 2008. HCI Beyond the GUI. MK Publishers, 2008.
- [10] Aghajan, H., López-Cózar, R., Augusto, J-C. 2010. Human-centric interfaces for ambient intelligence. Academic Press. Elsevier.
- [11] Dix, A., Finlay, J., Abowd G. and Beale, R. 2004. “Human-Computer Interaction”, 3ª edición, Ed Pearson – Prentice Hall.
- [12] Rogers, Y. Sharp, H. and Preece, J. Interaction design 2012. 3rd edition, John Wiley and Sons.
- [13] Norman, D.A. 2011. Living with complexity. MIT Press.
- [14] 37signals. 2006. Getting Real. Available at <http://gettingreal.37signals.com/toc.php>. Last visited: 15 th April 2013.
- [15] Buyukkocuten, O., Garcia-Molina, H., Paepcke, A. 2001. Seeing the Whole in Parts: Text Summarization for Web Browsing on Handheld Devices. Digital Library Project (InfoLab). Stanford University. Available at <http://www10.org/cdrom/papers/594/>. Last visited: 15 th April 2013.
- [16] Research in Motion. 2003. Blackberry Wireless Handheld User Interface Style Guide. Available at http://www.blackberry.com/developers/na/java/doc/bbjde/BlackBerry_Wireless_Handheld_User_Interface_Style_Guide.pdf. Last visited: 15 th April 2013.
- [17] Isaacs, E., Walendowski, A. 2002. Design from Both Sides of the Screen. Indianapolis: New Riders

Towards Advanced Visual Representation of Human Affect for QoE Research

Isabelle Hupont
Aragon Institute of Technology
c/Maria de Luna 7-8
Pol. Actur
50018 Zaragoza, Spain
ihupont@ita.es

Eva Cerezo, Sandra Baldassarri
GIGA AffectiveLab
Campus Río Ebro
Universidad de Zaragoza
50015 Zaragoza, Spain
{ecerezo, sandra}@unizar.es

Rafael del Hoyo
Aragon Institute of Technology
c/Maria de Luna 7-8
Pol. Actur
50018 Zaragoza, Spain
rdelhoyo@ita.es

ABSTRACT

In the last years, Affective Computing investigations focused the efforts in the automatic extraction of human emotions and in increasing the success rates in the emotion recognition task. However, after analyzing current applications for showing affect information and attention, a lack of automatic tools that intuitively visualize the users' emotional information has been detected. In this work, we propose a novel tool based on the combination of eye tracking and facial emotional recognition technologies that allows to show advanced and intuitive visualizations of human emotions. The proposed system opens the door to carry out novel studies, taking into account users' affective aspects in the quality of experience (QoE) domain.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 User Interfaces: Evaluation/Methodology. H.1.2 User/Machine Systems: Human Factors, Human Information Processing

General Terms

Human Factors, Evaluation, Information Processing.

Keywords

Affective computing, facial expressions, eye tracking, quality of experience (QoE).

1. INTRODUCTION

Affective Computing aims at developing intelligent systems able to provide a computer with the ability of recognizing, interpreting and processing human emotions [1]. Since the introduction of the term Affective Computing in the late 1990s, an increasing number of efforts towards automatic human affect extraction have been reported in the literature. Systems able to recognize human emotions from facial expressions [2], physiological signals [3], voice [4], text [5], etc. have been developed with high accuracy.

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

Independently of the channel -or channels- chosen to detect affect, most works still focus efforts on increasing the success rates in the emotion recognition task. However, other important issues have scarcely been studied, namely how to efficiently visualize the extracted affective information and how to process it to improve the user's quality of experience (QoE) in different applications or services.

QoE is a subjective measure of a customer's experience with a service or application (web browsing, phone call, TV broadcast, video streaming, e-learning...). Recent research agrees in considering that, given its subjective nature, the measure of human factors, in particular of affective factors, becomes essential for determining the final QoE perceived by the user. Some models, such as the work of Skorin-Kapov and Varela [6], even consider affect as one of the basic dimensions of QoE.

This work proposes a novel tool for affective QoE research. It aims to mix eye tracking technology and facial emotional information to obtain advanced graphical representations of human affect. This combination offers intuitive and highly visual possibilities of relating eye gaze, emotions and application/service contents.

The structure of the paper is the following. Section 2 analyzes the related state of the art. In section 3, the proposed tool is presented. Finally, section 4 comprises the conclusions and future work.

2. RELATED WORK

This section explores the current literature regarding the description and visualization of affective information, in order to demonstrate the potential of the proposed work.

2.1 Description of emotions

The most long-standing way that affect has been described by psychologists is in terms of discrete categories, an approach that is rooted in the language of daily life. The most commonly used emotional categories are the six universal emotions proposed by Ekman [7] which include "happiness", "sadness", "fear", "anger", "disgust" and "surprise". The labeling scheme based on category is very intuitive and thus matches peoples' experience. However, human emotions are more complex and richer than simple emotional labels and can experiment strong variations over time. Those aspects of human affect (complexity and dynamics of emotions) should be captured and described by an ideal affect recognizer.

To overcome the problem cited above, some researchers, such as Whissell [8] and Plutchik [9], prefer to view affective states not

independent of one another; rather, related to one another in a systematic manner. They consider emotions as a continuous 2D space whose dimensions are evaluation and activation. The evaluation (also called valence) dimension measures how a person feels, from positive to negative. The activation (also known as arousal) dimension measures whether humans are more or less likely to take an action under the emotional state, from active to passive. Unlike the categorical approach, the dimensional approach is attractive because it provides an algebra to describe and relate an infinite number of emotional states and intensities. It is able to deal with non-discrete emotions and variations in affective states over time. However, given its continuous (i.e. numerical) nature, the main drawback of this approach is that it does not offer an intuitive understanding of affective information, since people is used to report emotions by means of words.

2.2 Affective Information Visualization

Besides the problem of how to correctly describe affect, one of the main drawbacks of existing affective analyzers is related to the type of emotional information representation they provide as output.

When a categorical approach is used, the great majority of studies usually show a histogram or pie chart representing the distribution -percentages or confidence values- of the studied emotional labels at each time instant [2] [10]. On the other hand, most systems following a dimensional approach use to provide “activation vs. time” and “evaluation vs. time” graphs [11]. In some works, the affective analysis results are even limited to simple text logs, which turn out really difficult to interpret without any kind of graphical visualization [12].

Very few works propose more sophisticated, visual and intuitive emotional reports. For instance, McDuff et al. [13] present the result of a smile analysis to the user by means of emoticons and time graphs, comparing his/her smile track with an aggregate track. The systems developed in [5] [14] provide a continuous visual representation of the user affective evolution inside the evaluation-activation space. Another interesting example is the Affdex© commercial software [15], that allows to watch dynamic emotional information, together with the user facial expressions and the video contents used as stimuli.

In conclusion, affect recognizers’ reports are presented separately or at most next to the user’s recorded video sequence and the contents used to elicit emotions. It is therefore not visually intuitive enough to associate specific parts, or even areas, of the contents to emotional states. However, there is an increasingly desire for content creators, applications/services developers, psychologists or advertisers to objectively measure engagement with contents.

User engagement refers to the quality of the user experience, emphasizing the positive aspects of the interaction, in particular the phenomena associated with being captivated by the application/service, and wanting to use it frequently [16]. User engagement is a key concept in the design of interactive applications/services, motivated by the observation that successful applications/services are not just used, they are engaged with [17]. Emotional responses have been widely shown to influence the engagement of users [18], therefore a system able to recognize and efficiently relate affect to contents would be of great interest for QoE research.

3. A NOVEL TOOL FOR ADVANCED HUMAN AFFECT VISUALIZATION

As pointed out previously in Section 2, affect and focused attention are important characteristics of user engagement. Focused attention refers to which part of the contents the user is looking at, while affect relates to the emotions experienced during the observation or the interaction.

Following this idea, we propose a novel and advanced visual tool able to dynamically relate eye gaze information, affect and applications/services contents. This approach is based on the combination of an eye tracker and a facial emotions recognizer.

In Section 3.1 the architecture and setup of the proposed tool are presented. Section 3.2 discusses the wide and useful visualization possibilities it offers for QoE research.

3.1 Architecture and Setup

The tool we aim to develop will be built on the top of two commercial APIs we have been widely exploring in our user experience laboratory in the last years:

- **Tobii Studio** [19] is a software by Tobii© that offers tools for easily creating eye tracking tests and experiments, collecting eye gaze data and making graphical visualizations from them. It has an associated specific hardware, Tobii T60, which is a 17-inch TFT monitor with integrated IR diodes that enable the real-time detection of the user’s pupil. The eye tracking process is unobtrusive, allowing natural and large degree of head movement, and any kind of ambient light conditions. Moreover, it doesn’t lose robustness, accuracy and precision, regardless of a subject’s ethnic background, age, use of glasses, etc.
- **FaceReader** [20] is a facial emotion recognition software by Noldus©. It is able to analyze in real-time the facial expressions of the user, captured by means of any ordinary webcam, and provide affective information both in categorical and dimensional description levels. FaceReader works with high accuracy and robustness, even in naturalistic settings with any kind of illumination and type of user.

The main challenge from a technical point of view is related to the synchronization of the analyzed contents, the gaze data and the emotional information. However, this problem has been already solved since we have successfully carried out the first synchronization tests.

3.2 Mixing Eye Tracking and Facial Emotional Information for QoE Research

The Tobii© eye tracking system allows to build heat maps and saccade maps (Fig. 1). The former are a static representation of the agglomerated analysis of the visual exploration patterns in a group of users, making use of a graded color scheme to show visual activity: warmer colors reveal contents’ areas that most users looked at, while colder colors show areas that few users noticed. The later are used when the visual behavior is examined individually, indicating where did the user focus his/her gaze in each moment, complemented with a small dynamic path that indicates the previous saccade movements.

On the other hand, the software FaceReader logs the user affective activity by providing at each time instant both the

intensity (percentage) of each of the six Ekman’s basic emotions plus the “neutral” one, and the evaluation value (from -1 to 1) felt by the subject. Fig. 2 shows a FaceReader typical report.

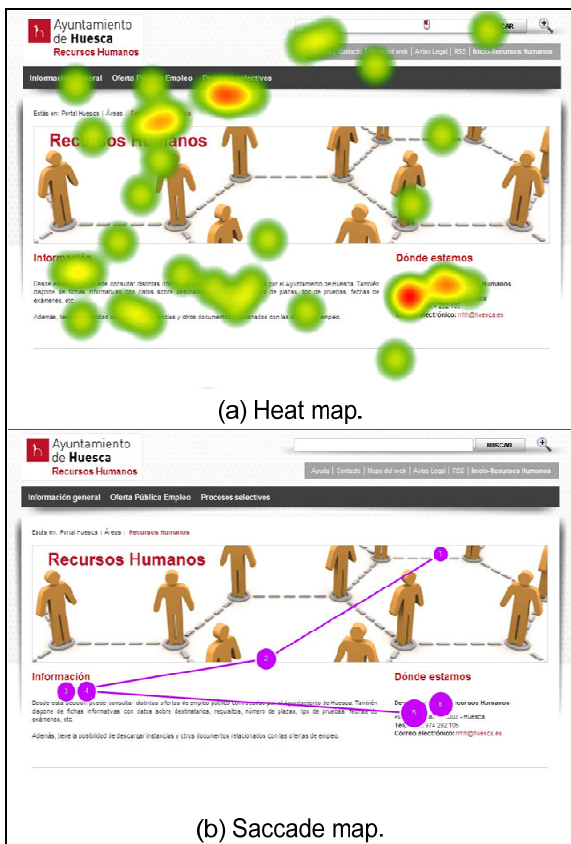


Fig. 1. Tobii© eye tracker’s outputs. (a) Example of heat map. (b) Example of saccade map.

The aim of this work is to go beyond traditional eye tracking maps by indicating not only where the user is looking at, but also with which affective state. The idea is to build visual reports in the form of “emotional heat maps” and “emotional saccade maps”, allowing to understand the relationship between contents, gaze and emotions at a glance.

In order to show the visualization potential of the tool, preliminary tests have been carried out. A videoclip has been built with different images of artistic paintings. Fig. 3 shows the results of an “emotional saccade map” combining the eye tracker’s saccade maps and the FaceReader emotional information for one of these illustrations. In this example, the traditional eye tracking graded color scheme paradigm is followed for intuitively representing continuous evaluation values, while discrete emotions are shown by means of text labels next to the interest points. Actually, the main potential of tool is its wide range of customizable representation possibilities. Its interface allows to activate and deactivate different visualization options, both for “emotional saccade maps” and “emotional heat maps”, such as: interest points numerical labels, discrete emotions text labels, valence numerical labels, discrete emotions colored zones, valence graded colors, etc.

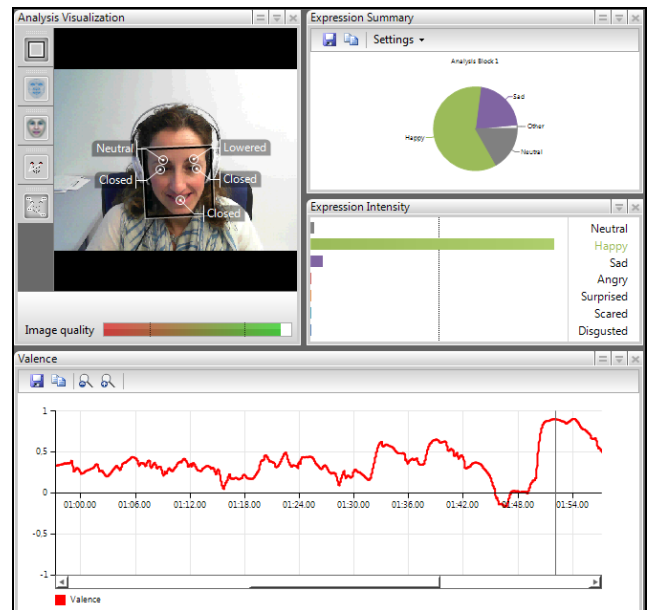


Fig. 2. Noldus© FaceReader typical affective report.



Fig. 3. “Emotional saccade map” automatically built by the proposed tool. The affective information is dynamically displayed, both in discrete and continuous terms. The vertical bar indicates the valence graded colors, from red for very negative to green for very positive.

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

After having analyzed the current state of the art in the field of Affective Computing, the need of automatic tools able to provide a visual and intuitive understanding of the users’ emotional information has been highlighted. In particular, QoE research demands systems able to relate gaze information, contents and affect, in order to obtain some feedback about the users’ degree of engagement with applications/services.

To overcome this need, this paper proposes a novel system based on the combination of a facial emotional recognizer and eye tracking technology. Its main potential relies on the possibility of obtaining advanced and intuitive visualizations of human affect in the form of “emotional saccade maps” and “emotional heat maps”. Moreover, the tool will offer multiple and highly customizable graphical representation options to plot gaze, emotions and contents in a single map.

The proposed tool opens the door to perform novel studies in the QoE domain, and to improve applications and services by making them affective aware. This is actually the work we expect to perform in the near future [21].

However, the system is of great interest for many other fields. For that reason, we also plan to explore its application to psychology (e.g. for studying autism, depression, empathy, etc.) and market research (e.g. for measuring marketing campaigns’ impact, or for the analysis of web pages).

5. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been partly financed by the Spanish “Dirección General de Investigación”, contract number TIN2011-24660, by the SISTRONIC group of the Aragon Institute of Technology and by European Celtic project QuEEN, contract number IPT-2011-1235-430000. The authors also want to thank Rakel Goodfeith for her illustration (<http://goodfeith.blogspot.com>).

6. REFERENCES

- [1] R.W. Picard, “Affective Computing,” The MIT Press, 1997.
- [2] Z. Hammal, L. Couvreur, A. Caplier, and M. Rombaut, “Facial expression classification: An approach based on the fusion of facial deformations using the transferable belief model,” *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 46, no. 3, pp. 542-567, 2007.
- [3] G. Chanel, K. Ansari-Asl, and T. Pun, “Valence-arousal evaluation using physiological signals in an emotion recall paradigm,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp. 2662-2667, 2007.
- [4] M. Graciarena, E. Shriberg, A. Stolcke, F. Enos, J. Hirschberg, and S. Kajarekar. “Combining prosodic lexical and cepstral systems for deceptive speech detection,” in *Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol. 1, pp. 1033-1036, 2006.
- [5] I. Hupont, S. Ballano, E. Cerezo, and S. Baldassarri, “From a discrete perspective of emotions to continuous, dynamic and multimodal affect sensing,” *Advances in Emotion Recognition*, ISBN 978-1118130667, Wiley-Blackwell, 2013.
- [6] L. Skorin-Kapov, and Martín Varela, “A multi-dimensional view of QoE: The ARCU model”, in *Proceedings of MIPRO 2012*, Opatija, Croatia, 2012.
- [7] P. Ekman, T. Dalgleish, and M. Power, “Handbook of Cognition and Emotion,” 1999.
- [8] C.M. Whissell, “The Dictionary of Affect in Language,” *Emotion: Theory, Research and Experience*, vol. 4, Academic, 1989.
- [9] R. Plutchik, “Emotion: A psychoevolutionary synthesis,” Harper & Row, 1980.
- [10] eMotion©: emotion recognition software, 2013. Available: <http://www.visual-recognition.nl/Demo.html>
- [11] M.A. Nicolaou, H. Gunes, and M. Pantic, “Continuous prediction of spontaneous affect from multiple cues and modalities in valence-arousal space,” *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 2, no. 2, pp. 92-105, 2011.
- [12] S. D’Mello, T. Jackson, S. Craig, B. Morgan, P. Chipman, H. White, R. El Kaliouby, R.W. Picard., and A. Graesser, “AutoTutor Detects and Responds to Learners Affective and Cognitive States,” in *Proceedings of the Workshop on Emotional and Cognitive Issues at the International Conference of Intelligent Tutoring Systems*, pp. 23-27, 2008.
- [13] D. McDuff, R. El Kaliouby, and R. Picard, “Crowdsourcing facial responses to online videos,” *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 3, no. 4, pp. 456-468, 2012.
- [14] R.L. Mandryk, and M.S. Atkins, “A fuzzy physiological approach for continuously modeling emotion during interaction with play technologies,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 65, no. 4, pp. 329-347, 2007.
- [15] Affectiva, 2013. Available : <http://www.affectiva.com/affectiva/>
- [16] L. McCay-Peet, M. Lalmas, and V. Navalpakkam, “On saliency, affect and focused attention,” in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*, pp. 541-550, 2012.
- [17] K. Overbeeke, T. Djajadiningrat, C. Hummels, S. Wensveen, and J. Frens, “Let’s make things engaging,” *Funology*, Kluwer, 2003.
- [18] T. Teixeira, M. Wedel, and R. Pieters, “Emotion-Induced Engagement in Internet Video Ads,” *J. Marketing Research*, vol. 49, no. 2, pp. 144-159, 2010.
- [19] Tobii T60, 2013. Available : <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-t60t120-eye-tracker/>
- [20] M.J. Den Uyl, and H. Van Kuilenburg, “The FaceReader: Online facial expression recognition,” in *Proceedings of Measuring Behavior 2005*, Wageningen, The Netherlands, pp. 589-590, 2008.
- [21] QuEEN European Celtic-Plus project, 2013. Available: <http://www.celticplus.eu/Projects/Celtic-projects/Call8/QUEEN/queen-default.asp>

Propuesta de Actividades para el Desarrollo Centrado en el Usuario de Aplicaciones e-Government

Esteban Sanchez Rivera
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Tomás y Valiente 11, 28049 Madrid, España
+34 91 4977548
esteban.sanchezr@estudiante.uam.es

José Antonio Macías Iglesias
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Tomás y Valiente 11, 28049 Madrid, España
+34 91 4976241
j.macias@uam.es

RESUMEN

Este artículo aborda la problemática del desarrollo de aplicaciones en un entorno e-Government a través de un modelo de proceso centrado en el usuario. Para ello se analizarán las características del sector gubernamental, donde coexisten diferentes *stakeholders* con distinto grado de involucración y un contexto fuertemente regulado en base a leyes y regulaciones que restringen el uso y definen las características y funcionalidades propias de estas aplicaciones. La aportación de este artículo consiste en la formalización de estos *stakeholders* y la propuesta y prescripción de un grupo de actividades adicionales a incluir en un modelo de proceso centrado en el usuario basado en el estándar ISO 9241-210, facilitando así el desarrollo de aplicaciones e-Government centradas en distintos *stakeholders* y reglamentos existentes.

Palabras Clave

e-Government, Stakeholders, Modelos de Proceso Centrados en el Usuario, Regulaciones Gubernamentales, Usabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones e-Government han transformado el modo en el que el ciudadano interactúa con su gobierno, siendo éste uno de los principales motivos de su implantación [11]. Sin embargo, aunque es evidente que los principales beneficiarios de las iniciativas de e-Government son los ciudadanos, en décadas pasadas su implementación se centraba principalmente en transformar los procesos internos para alcanzar metas basadas en eficiencia y eficacia. Debido a lo anterior, surgió una creciente necesidad por cambiar el enfoque establecido hacia un paradigma e-Government centrado en el usuario, con especial énfasis en los ciudadanos y en sus necesidades [6]. Por tanto, considerando que los ciudadanos son uno de los principales usuarios finales de las aplicaciones e-Government, parece apropiado utilizar técnicas de la Interacción Persona-Ordenador en el desarrollo de estas aplicaciones, facilitando así el diseño de software que se oriente a las necesidades de los ciudadanos, con características deseables como la usabilidad.

El presente artículo analiza las características especiales de un entorno e-Government, poniendo de manifiesto que en su implementación generalmente existen diferentes *stakeholders*, con distintos intereses que a menudo entran en conflicto [1]. De hecho, debido al entorno fuertemente regulado de la administración

pública, la utilización de modelos de desarrollo de software tradicionales que se centren exclusivamente en los usuarios finales podría producir efectos no deseados, ya que sus intereses o comportamientos pueden estar en conflicto con otros *stakeholders*, o con la regulación existente.

2. E-GOVERNMENT

El concepto e-Government es un reflejo de las estrategias y políticas particulares del contexto social, económico, y cultural donde se implementa [10], y puede ser definido como *el uso, por parte de las agencias gubernamentales, de las tecnologías de la información para transformar su relación con los ciudadanos, empresas, y otras ramas del gobierno* [2]. De esta definición se puede deducir que la sociedad en general es la principal beneficiada del paradigma, lo que a su vez representa un reto para poder identificar quiénes se ven afectados y beneficiados por la creación de aplicaciones e-Government. Reflejo de lo anterior, son los distintos tipos de aplicaciones e-Government existentes, que comúnmente se clasifican en [11]: aplicaciones *G2C*, donde se ofrecen servicios e información a los ciudadanos; las aplicaciones *G2B*, que permiten la interacción entre el gobierno y el sector privado; las aplicaciones *G2G*, que proveen mecanismos de cooperación, coordinación y comunicación entre distintas entidades gubernamentales; y las aplicaciones *G2E*, que facilitan la administración pública interna y la comunicación entre las entidades gubernamentales y sus empleados.

2.1 Los Stakeholders

Rowley [8] identifica en el entorno e-Government una serie de *stakeholders* junto con sus principales intereses y beneficios específicos. Esto se pueden observar en la Tabla 1. Sin embargo, una característica interesante es que los intereses de cada *stakeholder* no sólo dependen de sus características y de los servicios que requieren, sino también del rol que desempeñan en el desarrollo de la aplicación software, donde cada uno de los *stakeholders* puede ser clasificado como *Usuario*, *Desarrollador*, *Regulador*, y *Tomador de Decisiones*, de acuerdo a las categorías propuestas por Sharp et al. [9]. Por ejemplo, en el caso de aplicaciones e-Government destinadas al pago de impuestos, la agencia gubernamental responsable desempeña el rol de *Usuario*, ya que debe interactuar con la aplicación, y además desempeña el rol de *Regulador*, ya que debe velar por el cumplimiento de las leyes y regulaciones, y en algunos casos dictaminar las mismas

Como parte de la contribución del presente artículo, en la Tabla 1 se han clasificado los intereses de cada *stakeholder* de un entorno e-Government [8], de acuerdo al rol que éstos desempeñan en el desarrollo del sistema software, según las categorías propuestas por Sharp et al. [9].

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

Tabla 1: Intereses de los stakeholders según rol. Combinación de enfoques de Rowley [8] y Sharp et al. [9]

Stakeholders e-Government (Rowley)	Categorías o roles de stakeholders (Sharp et al.)	Intereses de los Stakeholders (Rowley)
Personas como usuarios de servicios y como ciudadanos	Usuario	Facilidad de uso, accesibilidad e inclusividad, confidencialidad y privacidad, transparencia y confianza, democracia centrada en el ciudadano
Pequeñas, medianas y grandes empresas	Usuario	Desarrollo económico, productividad y rentabilidad, relación precio-calidad, racionalización de recursos, reducción de la carga administrativa
Administradores públicos (empleados)	Usuario	Facilidad de uso, continuidad y estabilidad, reducción de la carga administrativa
	Tomador de decisiones	Mejorar el desempeño de los empleados públicos
Otras agencias gubernamentales	Usuario	Reducción de la carga administrativa
	Tomador de decisiones	Integración de los procesos e-Government
	Regulador	Estandarización de la información y los servicios
Organizaciones sin ánimo de lucro	Usuario	Transparencia y confianza, accesibilidad e inclusividad, democracia
Políticos	Usuario	Rendición de cuentas
	Tomador de decisiones	Democracia
	Regulador	Transparencia y confianza
Administradores de proyectos e-Government	Tomador de decisiones	Adopción de los proyectos e-Government
	Desarrollador	Integración de los procesos e-Government, interoperabilidad TIC
Diseñadores y desarrolladores TIC	Desarrollador	Interoperabilidad TIC, integración de los procesos e-Government, estandarización de información y servicios
Proveedores y socios	Usuario	Desarrollo económico, productividad y rentabilidad, interoperabilidad TIC, transparencia y confianza
Investigadores y evaluadores	Usuario	Transparencia y confianza, confidencialidad y privacidad, accesibilidad e inclusividad

3. PROBLEMÁTICA

En esta sección se describen los problemas que surgen al utilizar los modelos de procesos centrados en el usuario, sin adaptarlos al desarrollo de las aplicaciones e-Government, considerando la creciente necesidad de desarrollar las soluciones mediante un enfoque centrado en el usuario [6] y en la usabilidad.

3.1 Tipos de Stakeholders

En el sector privado, los objetivos de la implementación de una aplicación software generalmente están definidos y orientados al retorno financiero o a la calidad del servicio. Sin embargo, en el sector público estos objetivos varían en cada caso, y dependen

fuertemente del contexto [10], observándose diferentes *stakeholders* donde sus objetivos a menudo pueden entrar en conflicto [1]. Este conflicto de intereses se puede observar, por ejemplo, en una aplicación G2C, donde el ciudadano en su rol de *Usuario* espera confidencialidad y seguridad en el momento de aportar sus datos personales en la interacción con el gobierno, lo que podría entrar en conflicto con los intereses de las agencias gubernamentales en su rol de *Tomador de Decisiones*, que al integrar los procesos e-Government mediante aplicaciones G2G, requieren compartir los datos personales aportados. También ocurre en el grado de usabilidad requerido por los ciudadanos – *Usuario*, cuando acceden a información y servicios particulares, lo que puede entrar en conflicto con la visión de los desarrolladores TIC – *Desarrollador*, de respetar los estándares establecidos u otros atributos de calidad aun cuando éstos no consideren las características particulares requeridas por los usuarios con respecto a la usabilidad.

En general, los modelos de proceso centrados en el usuario, tales como el Modelo del Ciclo de Vida de la Ingeniería de la Usabilidad de Mayhew [9], y la Ingeniería de la Usabilidad de Nielsen [11], recalcan la necesidad de entender y conocer al que utiliza el software – lo que Sharp et al. [9] denomina *Usuario*, porque de él se extraerán los requisitos. Sin embargo, los modelos anteriores no reconocen la necesidad de considerar otras categorías de *stakeholders* que no usan directamente el software, tales como *Reguladores*, *Tomadores de Decisiones*, o *Desarrolladores*, que en un entorno e-Government tienen intereses particulares que pueden impactar en el desarrollo del software, tal y como se observa en la Tabla 1.

Considerar el punto de vista y necesidades de todos los *stakeholders* en un entorno e-Government es un requerimiento clave para la tarea de educación de requisitos, ya que es indispensable identificar qué intereses entran en conflicto con los de otros *stakeholders*, evitando así un fracaso o la falta aparente de calidad en la implementación de la aplicación e-Government.

3.2 Entorno Regulado

Otra característica de las aplicaciones e-Government tiene que ver con el carácter fuertemente regulado de la administración pública [7]. Generalmente, los procesos que los ciudadanos pueden o deben realizar con las aplicaciones e-Government se dirigen por leyes y regulaciones que a menudo son desconocidas o no comprendidas por éstos, lo que hace probable que la visión del ciudadano de lo que puede o debe hacer sea distinta de lo que se define por ley. Además, es necesario considerar cómo los usuarios realizan un proceso complejo, ya que cuando éstos se enfrentan con un requisito obligatorio sólo lo perciben como un inconveniente sin importancia, y tratan de buscar un camino alternativo para sortearlo [3]. Por ejemplo, un ciudadano puede desconocer todos los pasos y documentos necesarios para realizar su declaración de patrimonio, por lo tanto, si se considera el uso estricto de un modelo de proceso centrado en el usuario clásico, se corre el riesgo de no capturar todos los requisitos funcionales, que en muchos casos están condicionados por la ley vigente.

4. PROPUESTA DE ACTIVIDADES DENTRO DE UN MODELO DE PROCESO CENTRADO EN EL USUARIO

Con el objetivo de abordar la problemática identificada, aparte de la formalización de roles de *stakeholders*, la principal aportación del presente artículo se basa en la prescripción de distintas actividades a incluir en un modelo de proceso centrado en el usuario para el desarrollo de aplicaciones e-Government. Estas activida-

des se centran en la necesidad de reconocer la importancia de los distintos *stakeholders* en el proceso de desarrollo del software, así como considerar las regulaciones existentes que definen las características y funcionalidades finales del mismo.

En concreto, las actividades propuestas se integran en la fase de análisis de un modelo de desarrollo iterativo inspirado en el estándar ISO 9241-210, ya que éste permite un marco adecuado para reconocer a los *stakeholders* en el proceso de desarrollo, además de considerar las regulaciones como una fuente de requisitos organizacionales. Sin embargo, el estándar es sólo un modelo descriptivo, por lo tanto, el aporte de este trabajo será proponer y desarrollar actividades nuevas o adaptar las existentes, especificando para cada actividad las tareas y técnicas adecuadas para su realización, los productos esperados o realizados para cada una, así como los responsables de realizarla.

Según se detalla en la Figura 1, basándonos en el modelo iterativo de desarrollo del estándar ISO 9241-210, en la fase *Entender y Especificar el Contexto de Uso*, se propone integrar las Actividades 1 y 2, y en la fase de *Especificar los Requisitos Organizacionales y de Usuario*, se propone integrar las Actividades 3, 4, 5 y 6. Además, se ha considerado una actividad integral, la Actividad 7, para el aseguramiento de la calidad y trazabilidad de los requisitos legales. En general, se han considerado tareas de revisión dentro de las sub-fases de análisis correspondientes, con el fin de tratarlas como tareas específicas de evaluación dentro de las propias actividades en sí, dando lugar como salida a los productos finales más importantes ya revisados. A continuación, se detallan los grupos de actividades, junto con las actividades añadidas en cada caso. Sin embargo, es necesario aclarar que la incorporación de dichas actividades no implica el abandono de las demás actividades típicas de un modelo de desarrollo, como por ejemplo el resto de tareas técnicas, las pruebas y la implantación del software.

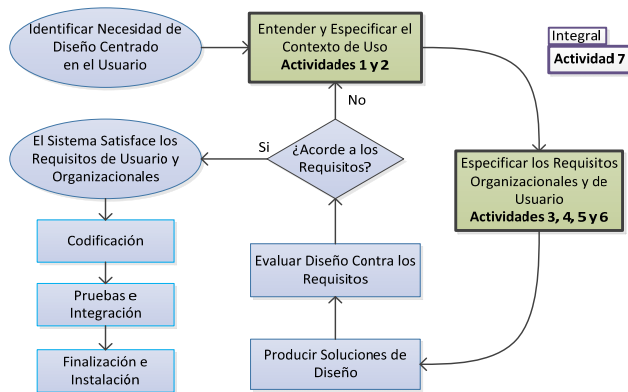


Figura 1. Modelo iterativo inspirado en el ISO 9241-210 y actividades propuestas a añadir y prescribir en el modelo

4.1 Grupo de Actividades para el Análisis de Contexto

El objetivo es analizar, en una fase temprana, el entorno para el que se implementará la solución, identificando características tecnológicas, sociales, y organizacionales que puedan afectar al desarrollo del sistema. Además, se identifica la normativa vigente que regulará el funcionamiento del sistema o la propia definición del mismo. Las actividades propuestas para esta fase son:

Actividad 1 – Identificación y análisis de stakeholders: Determinando sus características y necesidades, y analizando de forma completa todos los intereses identificados.

- **Tarea 1.1: Identificación y categorización de los stakeholders:** Identificar los *stakeholders* que impactan el desarrollo del software, y clasificarlos según la propuesta de Sharp et al. [9].

Técnicas: Entrevistas no estructuradas, observaciones de campo, encuestas, análisis etnográfico.

Producto: Informe preliminar de catalogación y diferenciación de cada *stakeholders*.

Responsables: Ingeniero de Requisitos, Analista.

- **Tarea 1.2: Análisis de los objetivos, intereses y conflictos de los stakeholders.**

Entrada: Producto de la Tarea 1.1.

Técnicas: Entrevistas no estructuradas, grupo focal, mapas conceptuales.

Productos: Diagrama de cebolla, matrices de doble entrada para representar conflictos e intereses de los distintos *stakeholders*, informe razonado de intereses y conflictos priorizados.

Responsables: Ingeniero de Requisitos, Analista.

Actividad 2 – Análisis de la regulación existente: Identificando leyes, regulaciones, normativas y estándares que definen las funcionalidades requeridas, y que regulan su funcionamiento.

Técnicas: Entrevistas a expertos, revisión de literatura.

Producto: Informe preliminar de la legislación vigente.

Responsables: Ingeniero de Requisitos, Analista, Experto Legal.

4.2 Grupo de Actividades para la Especificación y Educación de Requisitos Específicos

El objetivo es analizar y catalogar los requisitos a partir de la información identificada en la fase anterior, transformando intereses o necesidades en requisitos concretos, obteniendo como salida un documento de educación de requisitos software específicos. Las actividades propuestas para esta fase son:

Actividad 3 – Análisis de Stakeholder: Determinando los requisitos funcionales y no funcionales derivados de las necesidades de los *stakeholders* que no son de la categoría o rol de *Usuario*.

Entradas: Productos de la Actividad 1.

Técnicas: Escenarios, *storyboards*, diagramas de casos de uso.

Producto: Catálogo de requisitos de *stakeholders*.

Responsables: Ingeniero de Requisitos, Analista.

Actividad 4 – Análisis de usuario: Esta actividad se centra exclusivamente en los *stakeholder* con la categoría o rol de *Usuario*, en concreto los usuarios finales, transformando sus necesidades en requisitos funcionales y requisitos de usabilidad.

Entradas: Productos de la Actividad 1.

Técnicas: *Storyboards*, maquetas, diagramas de casos de uso.

Producto: Catálogo de requisitos de *Usuario* y usabilidad.

Responsables: Ingeniero de Requisitos, Analista, Ingeniero de Usabilidad, Ergonomista.

Actividad 5 – Análisis de requisitos legales: Determinando las características, funcionalidades, y restricciones motivadas por la reglamentación vigente.

Entrada: Productos de la Actividad 2.

Técnicas: Escenarios, análisis de decisiones, análisis de riesgos, análisis de reglas de negocio.

Producto: Catálogo de requisitos y restricciones legales.

Responsables: Ingeniero de Requisitos, Analista, Experto Legal.

Actividad 6 – Generación requisitos específicos de software: Identificando los conflictos que pueden existir entre los requisitos del rol *Usuario* y el resto, y los requisitos legales. Además, se generan los requisitos específicos finales.

Responsables: Ingeniero de Requisitos, Analista.

• **Tarea 6.1: Análisis y resolución de conflicto de requisitos**

Entrada: Productos de las actividades 3, 4 y 5.

Técnicas: Inspecciones.

Producto: Catálogo final revisado de requisitos específicos.

• **Tarea 6.2: Priorización y Generación de Requisitos**

Entrada: Producto de las Tarea 6.1.

Técnicas: Revisiones técnicas formarles.

Producto: Documentos de educación de requisitos software específicos.

4.3 Actividad Integral de Revisión

Se prescribe la Actividad integral 7, cuyo objetivo es inspeccionar y revisar los requisitos legales, ya que éstos pueden variar en el transcurso del proceso de desarrollo. Por lo tanto, es necesario que esta actividad detecte los requisitos legales que no pueden ser modificados ni eliminados, y analice si los nuevos requisitos a incluir están en conflicto con los requisitos legales existentes.

Actividad 7 – Inspección de requisitos legales: Asegurando la calidad en lo que se refiere a la incorporación, eliminación y modificación de requisitos legales, que puede provocar inconsistencias con iteraciones anteriores en el proceso de desarrollo.

Responsables: Ingeniero de Requisitos, Asegurador de Calidad, Auditor, Experto Legal.

• **Tarea 7.1 – Inspección de trazabilidad de requisitos:** Se desarrolla a lo largo de las iteraciones, para verificar completitud y consistencia de los requisitos legales.

Entrada: Productos del Actividad 5 y la Tarea 6.2.

Técnicas: Inspecciones.

Productos: Diagramas de trazabilidad.

• **Tarea 7.2 Revisión de requisitos legales:** Detectando los requisitos legales modificados o eliminados, y posibles conflictos con los nuevos requisitos.

Entrada: Productos de la Actividad 5 y la Tarea 6.2.

Técnicas: Revisiones técnicas formales.

Producto: Informe de revisión.

5. CONCLUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

El presente artículo analiza la problemática del desarrollo de aplicaciones e-Government en base a los distintos *stakeholders* que intervienen y a la normativa subyacente. Para ello, se establece una separación en roles y se toma como base el proceso iterativo de desarrollo ISO 9241-210, prescribiendo 7 actividades cuyo objetivo es analizar los *stakeholder* y las regulaciones existentes en el desarrollo de aplicaciones e-Government. En concreto, se proponen 6 actividades repartidas en las fases de análisis de contexto y educación de requisitos, y una séptima actividad integral para el aseguramiento de la calidad. Para cada actividad se detallan tareas, entradas, productos de salida y responsables. Con estas actividades se pretende prescribir de forma más exacta acciones concretas para el desarrollo de aplicaciones e-Government.

Con el objetivo de continuar el estudio realizado, se pretende considerar otras actividades integrales, así como de pre y post desarrollo que pudieran resultar útiles en el proceso, así como una validación de la prescripción propuesta.

6. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido subvencionada por el Ministerio de Educación, proyectos TIN2011-24139 y TIN2011-15009-E, y la Comunidad de Madrid, proyecto S2009/TIC-1650.

7. REFERENCIAS

- [1] Boyne, G.A. 2002. Public and private management: What's the difference? *Journal of Management Studies*. 39, 1 (2002), 97–122.
- [2] Definition of E-Government: <http://go.worldbank.org/MIJHE0Z280>. Accessed: 2013-01-03.
- [3] Kotamraju, N.P. and Van der Geest, T.M. 2012. The tension between user-centred design and e-government services. *Behaviour & Information Technology*. 31, 3 (2012), 261–273.
- [4] Mayhew, D.J. 1999. *The usability engineering lifecycle : a practitioner's handbook for user interface design*. Morgan Kaufmann Publishers.
- [5] Nielsen, J. 1993. *Usability Engineering*. Academic Press.
- [6] OECD 2009. *Rethinking e-Government Services, User-Centred Approach*. OECD Publishing.
- [7] Olbrich, S. and Simon, C. 2008. Process Modelling towards e-Government – Visualisation and Semantic Modelling of Legal Regulations as Executable Process Sets. *Electronic Journal of e-Government*. 6, 1 (2008), 43–54.
- [8] Rowley, J. 2011. e-Government stakeholders—Who are they and what do they want? *International Journal of Information Management*. 31, 1 (Feb. 2011), 53–62.
- [9] Sharp, H., Finkelsteini, A. and Galal, G. 1999. Stakeholder Identification in the Requirements Engineering Process. *Proceedings of the 10th International Workshop on Database & Expert Systems Applications* (1999), 387–391.
- [10] Torres, L., Pinat, V., Acerete, B. and Pina, V. 2005. E-government developments on delivering public services among EU cities. *Government Information Quarterly*. 22, 2 (2005), 217–238.
- [11] USA. Office of Management and Budget 2002. *E-Government Strategy: Simplified Delivery of Services to Citizens*.

Aplicaciones de VoIP para móviles: propuesta de un instrumento de evaluación centrado en el usuario

Roland Fernald
Universitat de Barcelona
Melcior de Palau 140
08014 Barcelona
+34 935 422 496
rfermeus7@alumnes.ub.edu

Laura Godoy
Universitat de Barcelona
Melcior de Palau 140
08014 Barcelona
+34 935 422 496
lgodoygo10@alumnes.ub.edu

Albert Ribelles-Cortés
Universitat de Barcelona
Melcior de Palau 140
08014 Barcelona
+34 935 422 496
aribelco7@alumnes.ub.edu

Mari-Carmen Marcos
Web Research Group – Digidoc
Universitat Pompeu Fabra
Roc Boronat 138
08013 Barcelona
+34 935 422 496
mcarmen.marcos@upf.edu

RESUMEN

Se presenta la herramienta AppStudio, un instrumento de análisis de funcionalidades y de evaluación heurística para aplicaciones móviles de VoIP. Se detallan los pasos para la creación de esta herramienta, que está compuesta por dos módulos: uno que recoge las funcionalidades posibles en este tipo de apps, y otro que permite realizar una evaluación heurística. La herramienta está dirigida a profesionales de UX que se encuentren a cargo del diseño, rediseño y/o evaluación de una app de VoIP.

Categorías y Descriptores de Materia

H.5.2 [User Interfaces]: Evaluation / Methodology

Términos Generales

Design, Human Factors, Measurement, Performance.

Palabras clave

Usabilidad, Funcionalidad, Evaluación Heurística, Telefonía, VoIP, Aplicaciones Móviles.

1. INTRODUCCIÓN

La banda ancha móvil (BAM) permite el acceso a Internet desde cualquier lugar en que haya cobertura y desde cualquier dispositivo. A finales de 2011 había 1.200 millones de suscripciones en todo el mundo, lo que representa el 67% del total de accesos de banda ancha. Durante el año 2012 la BAM ha sido la tecnología con mayor ratio de crecimiento en el terreno de las telecomunicaciones. Actualmente en España el consumo de datos es el motor de crecimiento del negocio de los operadores telefónicos, muy por encima del consumo de voz: un 25,5% de los internautas manifiestan estar “permanentemente conectados” a Internet [3]. Esta situación va de la mano de la evolución de las redes de comunicación para telefonía móvil. La actual red de 3ª generación WCDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha) incrementa de forma notable la eficiencia del espectro, permite una mejor calidad en la conexión, mayor capacidad y cobertura, y en breve se adaptará a todos los entornos y soportará antenas que puedan adaptarse a radio de largo alcance para servicios de bits de alta velocidad [5].

Dado el contexto, se entiende la popularidad de la telefonía IP (VoIP) desde dispositivos móviles. VoIP es un servicio que transforma la voz en paquetes de datos y utiliza Internet como vía de traslado. Con los dispositivos de última generación se ha aumentado el uso de aplicaciones que permiten llamadas de voz desde un *smartphone*, una *tablet* o un ordenador a otro dispositivo igual o a un teléfono fijo [4].

Como en cualquier otro servicio orientado al usuario final, la usabilidad es una cualidad que garantiza el éxito. La norma ISO 9241-11 (1998) define usabilidad como la “capacidad de un producto o servicio para que sea utilizado de forma eficiente,

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

eficaz y satisfactoria por su público objetivo para los objetivos para los que fue diseñado en un determinado contexto de uso”. La evaluación de la usabilidad requiere de técnicas específicas bien conocidas que se vienen aplicando desde hace décadas por los profesionales de la *user experience*, como la evaluación heurística o los tests de usuarios. La evaluación heurística, que es la técnica que usaremos en este estudio, mide la calidad de un sistema interactivo en relación a su facilidad para ser aprendido y usado [7]. Este tipo de evaluación la realiza un grupo de expertos en usabilidad a fin de detectar los posibles errores que pueden presentarse a los usuarios al interactuar con la interfaz del sistema. La evaluación heurística se ha aplicado tradicionalmente a páginas web, pero todavía no tanto a aplicaciones móviles. Debido a que existen marcadas diferencias entre un ordenador de escritorio y un dispositivo móvil, los indicadores de las heurísticas deben adaptarse [1], y por otro lado también tienen que ajustarse a los productos que se van a evaluar. Para las aplicaciones de VoIP en móviles no se han encontrado indicadores concretos que ayuden a su evaluación.

Dada la importancia de contar con instrumentos de evaluación para productos en auge, este estudio hace una propuesta de herramienta para la evaluación de apps de VoIP: AppStudio. Su objetivo es servir tanto para la evaluación de productos en fase de creación (diseño), como para aquellos ya acabados (rediseño).

El artículo se estructura de la siguiente forma: la sección 2 muestra el proceso de elaboración de AppStudio, explicando en detalle los dos módulos de los que consta; la sección 3 discute los resultados de la validación de la herramienta; y en la sección 4 se destacan las aportaciones de este estudio y se indican las líneas futuras de trabajo.

2. APPSTUDIO

AppStudio es un instrumento de evaluación de aplicaciones móviles de telefonía IP (VoIP), que se encuentren en proceso de desarrollo o bien ya disponibles en el mercado. Por un lado, proporciona pautas para detectar carencias en cuanto a las funcionalidades de la aplicación testeada, y por otro permite llevar a cabo una evaluación heurística de los aspectos relacionados con usabilidad. Se compone de dos módulos:

1. Módulo de evaluación de funcionalidades: un *checklist* que permite identificar la presencia o ausencia de funcionalidades.
2. Módulo de evaluación heurística: un *checklist* que permite medir el nivel de usabilidad.

Este doble instrumento se ha construido por medio de la aplicación gratuita de cuestionarios que proporciona Google Sites. Está disponible de forma pública en la siguiente dirección: <https://sites.google.com/site/appstudiobcn/home>

Se presentan a continuación los criterios de selección de la muestra de apps a partir de las que se ha desarrollado la herramienta, el módulo de funcionalidades y el de heurística dos módulos de los que se compone.

2.1 Selección de la muestra de apps de VoIP

Existe un gran número de aplicaciones VoIP para móviles: Viber, Tango, iCall, Fring, Skype, Line, OoVoo, Yuilop, Truphone, Talkatone, entre otras [2]. De entre ellas se han seleccionado 4 para tomarlas como punto de partida en la creación de la

herramienta de evaluación que proponemos. Los criterios de selección han sido tres: que esté operativa tanto en iOS como en Android, por ser los sistemas operativos con mayor penetración de mercado hoy en día [9]; que cuenten con el mayor número de descargas; que tengan el mayor número de recomendaciones en la App Store y Google Play respectivamente. Así, las apps tomadas como muestra para diseñar la herramienta fueron Viber, Tango, Line y Skype¹. Todas permiten el envío de mensajes de texto y multimedia, las llamadas de voz entre usuarios de la app móvil y, salvo Viber, también video-llamadas. Skype permite a su vez llamar a líneas de telefonía fija (servicio de pago). En las 4 el servicio de VoIP y mensajería son gratuitos, pero requieren una tarifa de datos o acceso a WiFi.

2.2 Módulo de evaluación de funcionalidades

Un recorrido cognitivo (*cognitive walkthrough*) en las apps seleccionadas sirvió para identificar las funcionalidades de las que disponen este tipo de aplicaciones. Se realizaron las siguientes tareas en este orden en dos dispositivos con Android (de distinto modelo) y en 1 dispositivo con iOS, para cada app:

1. Instalar la app
2. Crear una cuenta de usuario y acceder a la app
3. Intercambiar llamadas entre equipos Android entre sí y entre Android y iPhone. Estas llamadas se llevaron a cabo tanto bajo conexión WiFi como conexión 3G mediante plan de datos móvil.
4. Intercambiar de video llamadas (en las apps que disponen de esta función) entre móviles y desde PC a móvil
5. Intercambiar mensajes de texto y multimedia
6. Cancelar la cuenta
7. Desinstalar la app
8. Reinstalar la app

Instalación y desinstalación de la app en el dispositivo

¿La App es descargable desde un centro de compra virtual especializado en productos según sistema operativo? *

Sí

No

¿La App se puede descargar desde una web de empresa sin requerir mayor registro? *

Sí

No

¿La App contempla una opción que permite eliminar la cuenta de usuario registrada? *

Sí

No

Figura 1. AppStudio. Módulo de funcionalidades.

Durante el recorrido cognitivo se recogieron todas aquellas funcionalidades detectadas durante el recorrido cognitivo. Posteriormente se agruparon y se marcaron como básicas –si son necesarias para llevar a cabo la función fundamental de la aplicación, que son las llamadas–, o adicionales –si son funciones que dan un plus de calidad a la aplicación, por ejemplo realizar video-llamadas–.

El resultado es un *checklist* compuesto por 42 funcionalidades organizadas en 8 grupos:

¹ <http://viber.com>; <http://www.tango.me>; <http://line.naver.jp/es>; <http://www.skype.com/es>

- **Instalación/ Desinstalación:** La app dispone de diferentes formas de instalación o desinstalación, descarga, eliminación, etc.
- **Configuración de la cuenta:** La app dispone de distintas opciones para el usuario a la hora de realizar la configuración de su cuenta.
- **Gestión de contactos:** La app presenta opciones para gestionar los contactos propios de la misma, independientemente de los que ofrece la agenda del dispositivo móvil.
- **Opción de comunicación:** Esta variable ofrece no sólo identificar funcionalidades relacionadas con el fin último de la app (llamadas sobre IP) sino determinar otras de valor agregado.
- **Registro de acciones:** La app permite al usuario tener un control de la actividad que realiza con la misma.
- **Opción de ayuda:** La app dispone de un apartado de ayuda propio o dispone de una web de ampliación.
- **Estado del sistema:** La app informa al usuario sobre el estado del sistema, de la conexión de datos, calidad en las llamadas efectuadas, entre otros.
- **Requerimientos del sistema:** La app está disponible para todos los modelos de móviles y versiones de sistemas operativos.

El evaluador marcará con “Sí” o “No” cada uno de los elementos en función de si la funcionalidad está presente o no en la app que está revisando.

Al mismo tiempo, la técnica del recorrido cognitivo permitió detectar problemas que repercuten en la experiencia de usuario, como los asociados a la velocidad de la conexión, que genera retrasos en la ejecución de las tareas. Estos aspectos fueron contemplados en el módulo de evaluación heurística, que se presenta a continuación.

2.3 Módulo de evaluación heurística

Otra función del instrumento es ayudar a detectar problemas de usabilidad de las aplicaciones. Para crear un módulo de apoyo a la evaluación se usaron como base los principios heurísticos de Nielsen [7] y se complementaron con tres principios heurísticos de Pierotti [10]. A partir de ahí se desarrolló un instrumento compuesto por principios heurísticos, cada uno subdividido en varios indicadores. Los principios heurísticos se plantearon en forma de afirmaciones y se responden en base al nivel de cumplimiento.

El resultado es una lista de 13 heurísticos subdivididos a su vez en indicadores, con un total de 118: 94 creados a partir de los de Nielsen y 14 más extraídos de Pierotti.

Los principios heurísticos de Nielsen son:

- Visibilidad del estado del sistema.
- Utilizar el lenguaje de los usuarios.
- Control y libertad para el usuario.
- Consistencia y estándares.
- Prevención de errores.
- Reconocimiento antes que búsqueda.
- Flexibilidad y eficiencia de uso.
- Estética de diálogos y diseño minimalista.

- Ayuda a los usuarios para reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores
- Ayuda y documentación.

Los indicadores que se tomaron de Pierotti fueron:

- **Habilidades.** La app debería tener en cuenta, extender, suplementar e incentivar las habilidades del usuario, sus conocimientos y su experiencia.
- **Interacción con el usuario** placentera y respetuosa. Las interacciones de los usuarios con la app deben favorecer la calidad interacción. El diseño debe ser estético y placentero, en donde los valores artísticos se igualen a los valores funcionales.
- **Privacidad.** La app debe ayudar al usuario a proteger la información personal.

Ayuda a los usuarios para reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores. *

	No hay error	Error leve	Error de grado medio	Error pri
Los mensajes de error están expresados de manera tal que es el sistema, y no el usuario, quien se hace cargo de los errores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los mensajes de error son gramaticalmente correctos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los mensajes de error evitan el uso de signos de admiración	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los mensajes de error evitan el uso de palabras violentas u	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 2. AppStudio. Módulo de evaluación heurística.

Para cada indicador, el evaluador debe escoger la respuesta que considere más adecuada en función de la severidad del problema detectado. Se adoptó la escala de 0 a 4 de Nielsen [8]:

0. No estoy de acuerdo con que sea un problema de usabilidad en absoluto.
1. Problema sólo de apariencia: no es necesario ajustarlo a menos que haya tiempo disponible en el proyecto.
2. Problema de usabilidad menor: ajustar esto debería tener una prioridad menor.
3. Problema de usabilidad mayor: es importante ajustarlo, se le debería dar un grado de prioridad alto.
4. Catástrofe de usabilidad: es un imperativo arreglarlo antes de que el producto sea lanzado.

3. VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA

La validación de la herramienta fue un proceso iterativo, pues desde el mismo proceso de creación de AppStudio se fue poniendo a prueba su utilidad y su facilidad de uso en las cuatro aplicaciones escogidas, y de esta forma se fue puliendo la herramienta hasta llegar a una versión completa. Una vez finalizada, se realizó una validación global para detectar si los indicadores se comprendían y si era necesario realizar más ajustes. En esta última revisión, tres evaluadores usaron AppStudio aplicado a Viber. Se seleccionó esta app por ser la que mejor conocían las personas que participaron en esta fase de validación, además de que en el recorrido cognitivo resultó ser la que más funcionalidades mostraba, lo que permitiría valorar más aspectos que con las otras apps.

Se escogió como evaluadores de la versión acabada a tres personas de distinto perfil: uno de los creadores de AppStudio,

una persona familiarizada con los principios de la usabilidad y un usuario habitual de apps. La ventaja de contar con tres perfiles distintos es que aportan visiones y comentarios complementarios.

Validación del módulo de funcionalidades. Los evaluadores estimaron como básicos algunos indicadores que los autores propusieron como adicionales y viceversa. Este caso se dio por ejemplo en la función “Configuración de la cuenta”, concretamente en el indicador “Para completar la activación de la app, ¿el sistema envía un correo electrónico de confirmación?”; al ser una aplicación móvil, dos evaluadores pensaron que no debe considerarse básico que el proceso se complete por email. Por otro lado, un indicador que se había considerado adicional y que para los tres evaluadores resultó básico fue el de “Opciones de comunicación: La app dispone de un servicio de mensajería instantánea?”, ya que se trata de un servicio ampliamente utilizado al que se puede recurrir si no se puede establecer el servicio de llamada.

Validación del módulo de evaluación heurística. Los tres evaluadores indicaron que los cuestionarios eran demasiado extensos. Nielsen [8] indica que 30 minutos deben ser suficientes para una evaluación heurística, por lo que se revisaron los indicadores y algunos se agruparon para disminuir la extensión del instrumento, aunque en realidad pocos fueron los cambios introducidos, lo que hace la versión actual todavía sea extensa.

Otro problema comentado por dos evaluadores fue la aplicación de la escala del 0 al 4 en la heurística; según dijeron, costaba de entender, por lo que se decidió simplificar los enunciados y se llegó a esta propuesta:

0. No hay error: no es un problema de usabilidad.
1. Error leve: no es necesario su ajuste a menos que haya tiempo.
2. Error de grado medio: ajustar este tipo de error debería tener una menor prioridad.
3. Error prioritario: es importante ajustar este error. Darle alta prioridad.
- 4 Error urgente: es imperativo arreglar el error antes de lanzar la aplicación al mercado.

En cuanto al resultado de la evaluación realizada sobre Viber, en la validación inter-jueces se observó que las puntuaciones otorgadas por los evaluadores variaban entre sí, algo que es habitual en los métodos de evaluación por inspección dada la subjetividad que introducen los evaluadores. En cambio sí hubo algunos aspectos que motivaron estas diferencias y que se pueden mejorar:

- Algunos evaluadores no eran usuarios habituales de la app. Este pudo ser el motivo de que no todos localizaran todas las funcionalidades de Viber. A futuro se deberá tener en cuenta.
- Los evaluadores interpretaron de forma diferente algunos indicadores, lo que llevó a revisarlos nuevamente para lograr univocidad en su significado.
- Los evaluadores no disponían de varios dispositivos móviles en los que probar la app. A futuro se deberá proveer a los evaluadores de distintas plataformas donde testear, y deberán estar familiarizados con ellas.

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado AppStudio, una herramienta pionera para medir la usabilidad de aplicaciones móviles de VoIP y ayudar a los profesionales de UX a evaluar este tipo de apps, tanto en la fase de diseño como en productos acabados.

En un futuro se prevé mejorar la herramienta en varios sentidos: reducir la cantidad de indicadores; usar una plataforma específica de cuestionarios en lugar de Google Sites; validarla contando con un mayor número de evaluadores que sean profesionales de la UX; y aplicarla a varias apps de VoIP.

La herramienta queda disponible en la web para que cualquier persona interesada en utilizarla pueda hacerlo: <https://sites.google.com/site/appstudiobcn/home>

5. REFERENCIAS

- [1] Ballard, B. 2007. *Designing the Mobile User Experience*. John Wiley & Sons.
- [2] Blog Sage Experience. 2011. *Alternativas a la llamada de teléfono tradicional: voz IP en el móvil*. 14/01/2011. <http://blog.sage.es/innovacion-tecnologia/alternativas-a-la-llamada-de-telefono-tradicional-voz-ip-en-el-movil/>
- [3] Fundación Telefónica. Enero de 2013. *La Sociedad de la Información en España 2012*. http://e-libros.fundacion.telefonica.com/sie12/aplicacion_sie/ParteA/pdf/SIE_2012.pdf
- [4] IAB Spain Research. Septiembre de 2012. *IV Estudio IAB Spain sobre Mobile Marketing: Informe de Resultados*. <http://www.iabspain.net/wp-content/uploads/downloads/2012/09/IV-Estudio-IAB-Spain-sobre-Mobile-Marketing-Versi%C3%B3n-Completa.pdf>
- [5] Navío Marco, J. Godard, A. 1999. BIT Digital, Boletín Ingenieros de Telecomunicación. *Tercera generación de telefonía móvil: ¿muerte del GSM?.* <http://www.oocities.org/es/juliosiguenas/radio/infografia/art8.htm>
- [6] Nielsen, J. 1995. *10 Usability Heuristics*. <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- [7] Nielsen, J. 1994. *Usability inspection methods*. ACM.
- [8] Nielsen, J. 1995. *Severity Ratings for Usability Problems*. <http://www.nngroup.com/articles/how-to-rate-the-severity-of-usability-problems/>
- [9] Nielsen, J. 2012. *Nielsen Tops of 2012: Digital*. <http://www.nielsen.com/us/en/newswire/2012/nielsen-tops-of-2012-digital.html>
- [10] Pierotti, D. 2006. *Heuristic Evaluation - A System Checklist* (at STC SIGs). Xerox Corporation. <http://www.stcsig.org/usability/topics/articles/he-checklist.html>

Viabilidad de la metodología de evaluación heurística adaptada e implementada mediante Open-HEREDEUX

Llúcia Masip, Francisco Jurado, Toni Granollers,
Marta Oliva
Universidad de Lleida
Jaume II, 69 25001 Lleida
{lluciamaar,francisco.jurado,tonig,oliva}
@diei.udl.cat

Teresa Trepal, Carlos Lozano
GFT Software Factory Iberia S.L.U
Parc d'Act. Econòmiques Can Sant Joan
Av de la Generalitat, 163-167
08174 Sant Cugat del Vallès
{Teresa.Trepal, Carlos.Lozano}@gft.com

ABSTRACT

Open-HEREDEUX es una herramienta cuyo objetivo principal es el de asistir en el proceso de diseño y evaluación sobre la experiencia del usuario en el desarrollo de sistemas interactivos. La finalidad de esta comunicación es valorar su aceptación en un ambiente empresarial de desarrollo de sistemas interactivos concreto. Así, a lo largo de la presente contribución, se detalla la colaboración entre universidad y empresa con objetivos presumiblemente beneficiosos para ambos. Concretamente, se muestra el proceso de evaluación de la experiencia de usuario de sistemas web realizado en una empresa de carácter internacional, a fin de determinar su viabilidad en empresas del sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), con interés en la consideración de la experiencia del usuario en el proceso de desarrollo de sistemas interactivos.

Keywords

UX, Open-HEREDEUX, evaluación, diseño, heurística.

1. OPEN-HEREDEUX

Open-HEREDEUX (*Open HEuristic REsource for Designing and Evaluating User eXperience*) es una herramienta disponible en la Web (<http://www.grihotools.udl.cat/openheredeux>) que implementa una metodología que permite considerar la experiencia de usuario (UX de sus siglas en inglés *User eXperience*) en el proceso de desarrollo de un sistema interactivo, tanto en las fases de diseño como en fases de evaluación [1]. La metodología que se implementa mediante Open-HEREDEUX, se basa en la aplicación de la técnica de inspección denominada evaluación heurística [2], teniendo en cuenta otros aspectos además de la usabilidad. Su propósito es el de considerar la UX en distintas fases del proceso de desarrollo de un sistema interactivo de forma semiautomática, utilizando la metodología basada en heurísticas.

Por una parte, entendemos la UX como el conjunto de factores (internos y externos) tanto del usuario como del propio sistema interactivo, que causen alguna sensación a quien esté utilizando dicho sistema interactivo en un determinado contexto de uso [3].

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

En un trabajo previo [3] se determinó el siguiente conjunto de facetas que, de acuerdo con los atributos del estándar ISO/IEC 25010:2011 [4], caracterizan la UX: usabilidad, jugabilidad, plasticidad, emotividad, accesibilidad, comunicabilidad, multiculturalidad, fiable, deseable, encontrable y útil. Anteriormente, se revisaron todas las definiciones de heurísticas desde 1986 hasta el momento, determinando como conjunto inicial de heurísticas todas aquellas definidas por más de 3 autores. Como resultado, se recogieron un total de 363 heurísticas que están disponibles en Open-HEREDEUX [5].

Por otra parte, la evaluación heurística [2] presenta tres pasos: (i) preparación; (ii) realización; (iii) obtención y análisis de resultados. En la *preparación* el responsable de la evaluación escoge las heurísticas más adecuadas para el sistema a evaluar, los factores de severidad mediante los que se ponderará la evaluación y los evaluadores que la realizarán. En la fase de *realización*, todos los evaluadores deben determinar los valores de los factores de severidad para el conjunto de heurísticas preestablecido. Normalmente, los evaluadores pueden realizar anotaciones u observaciones para aclarar o matizar algunas de sus puntuaciones. Finalmente, en la *obtención de resultados* se obtienen los resultados cualitativos que consisten en un conjunto de recomendaciones o propuestas de mejora del sistema evaluado. La obtención de dichos resultados empieza con una reunión post evaluación, donde todos los evaluadores establecen una misma puntuación para las heurísticas que presenten marcas distintas. Posteriormente, alcanzado el acuerdo, es posible obtener los resultados cualitativos.

Con todo, atendiendo estas tres fases para realizar una evaluación heurística y la definición de UX, Open-HEREDEUX dispone de cuatro componentes [1]: el *Repositorio Abierto* de heurísticas y su gestor, el *Asesor* heurístico, el *Puntuador* de heurísticas y el *Procesador* de resultados.

El *Repositorio Abierto* de heurísticas [6] almacena toda la información correspondiente a las heurísticas, además de almacenar otra información imprescindible para el funcionamiento del resto de componentes. El *Asesor heurístico*, gracias a la información almacenada en el *Repositorio*, proporciona automáticamente aquellas heurísticas que resulten más adecuadas de acuerdo con el sistema interactivo que se está evaluando (y considerando los componentes, características y funcionalidades de dicho sistema). A continuación, y en el caso de realizar una evaluación, el *Puntuador* permite que los evaluadores valoren cada una de las heurísticas que el responsable de la evaluación habrá elegido a partir de la lista propuesta por el *Asesor*. Y es a partir de estos datos con los que el *Procesador* de resultados permite obtener automáticamente resultados de la evaluación, tanto cualitativos como cuantitativos [1].

Así, teniendo en cuenta que habitualmente los procesos de planificación de la evaluación y la obtención de resultados de una evaluación heurística se realizan de forma completamente manual, y que dependen de la experiencia profesional de quienes los realizan, en esta comunicación se pretende constatar la utilidad de Open-HEREDEUX en un contexto de uso real en el seno de una empresa del sector de las TIC.

Por una parte, se analizará la metodología de la evaluación heurística de acuerdo con las partes de la misma que se realizan de forma automática en Open-HEREDEUX. Por otra, se valorarán la utilidad y necesidad de Open-HEREDEUX en el proceso de evaluación de un sistema interactivo. Todo ello se realizará identificando las propuestas de mejora a implementar para perfeccionar la experiencia de usuario, tanto de la metodología como de la herramienta.

Por lo tanto, este trabajo se basa en las siguientes hipótesis de partida:

- El *Repositorio de heurísticas* proporciona toda la información necesaria para reducir el tiempo empleado en la selección de las heurísticas más adecuadas para un sistema interactivo concreto.
- El *Asesor heurístico*, junto con el *Repositorio*, resuelve de forma automática una de las principales desventajas de la metodología de la evaluación heurística: la elección manual de las heurísticas.
- La obtención de resultados en un formato editable y siguiendo el estándar ISO/IEC 25062 Common Industry Format [7], permite agilizar la obtención de los mismos y presentarlos en un formato estandarizado.

A continuación se detallan los objetivos del estudio de viabilidad, así como del procedimiento empleado para realizarlo, presentando posteriormente, en la sección 3, los resultados del mismo. Finalmente, en la sección 4 se introducen las conclusiones y las líneas de trabajo futuras.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

La experiencia se ha realizado en GFT, empresa multinacional especializada en el diseño e implementación de soluciones TIC para el sector de servicios financieros. Cuenta con 22 oficinas en 7 países distintos y más de 1.400 empleados fijos. Sus principales sedes en el estado español se sitúan en Sant Cugat del Vallès (Barcelona), Lleida y Madrid, siendo uno de sus departamentos emergentes en los últimos años el de UX. Poco a poco, los proyectos pasan del departamento comercial al de UX con dos fines principales: el primero, y más importante, provocar una experiencia más positiva a los usuarios consumidores del sistema interactivo; el segundo, ahorrar costes en el proceso de desarrollo del mismo, siguiendo una metodología de diseño centrada en el usuario.

Esta experiencia supone un ejercicio de colaboración entre universidad y empresa con objetivos presumiblemente beneficiosos para ambos. Por una parte, GFT puede evaluar si una herramienta como Open-HEREDEUX, que implementa una metodología concreta, les permite mejorar el diseño y la evaluación de las interfaces de usuario de sus productos. Por otra parte, la Universidad (y más concretamente GRIHO-Grupo de Investigación en Interacción persona-ordenador e integración de datos) dispone de un conjunto experimental de datos reales con

los que comprobar la validez de la investigación y la propuesta realizada.

Así, se definió un test con usuarios reales (entre los que se encontraban trabajadores del departamento de UX de GFT y expertos en UX de GRIHO) para conocer las mejoras necesarias que se deberán aplicar a Open-HEREDEUX, a fin de conseguir que sea una herramienta útil en cualquier otra empresa del mismo sector. Asimismo, permitirá validar también las aportaciones aplicadas en la metodología de la evaluación heurística para automatizar partes de la misma.

Para la validación, GFT eligió un desarrollo de un proyecto concreto para, utilizando Open-HEREDEUX, evaluar su calidad de uso en base a la validación de la UX. En el proceso, el personal de GFT optó por llevar a cabo el proceso completo de realización de la evaluación heurística, desde la planificación hasta la obtención de resultados.

Utilizando el *rol de manager o responsable del proyecto*, empezaron con la creación de un proyecto para evaluar su web corporativa (www.gft.com). Le añadieron evaluadores y los factores de severidad que ponderarían la evaluación. A continuación, utilizaron el *Asesor heurístico* para obtener las heurísticas más adecuadas para su proyecto concreto.

Posteriormente, 5 personas de GFT y 3 de GRIHO (todos ellos con el rol de *evaluadores* y expertos tanto en la metodología de la evaluación heurística como en el uso de interfaces web) utilizaron el *Puntuador* de heurísticas para realizar la evaluación. Finalmente, el *responsable del proyecto* (persona de GFT) utilizó el *Analizador de Resultados* para valorar el informe obtenido de la evaluación.

Tras cerrar el ciclo y realizar la evaluación heurística completa, el personal de GFT se reunió para determinar todos los aspectos que se deberían mejorar, tanto de la metodología como de la herramienta. Por otro lado, el personal de GRIHO hizo llegar individualmente a los autores de la universidad sus aportaciones.

La realización de este test de forma tan abierta o general, se debe a que el objetivo no se basa en conocer aspectos específicos o detalles del funcionamiento de la metodología o de la interacción con la interfaz que presenta Open-HEREDEUX, sino que se pretende conseguir una visión general de la herramienta, para validar si existe mejora de la metodología de la evaluación heurística, y su utilidad en un contexto empresarial real.

En la siguiente sección se presentan las propuestas de mejora que surgieron tanto desde la empresa GFT como desde la Universidad.

3. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la validación de acuerdo con las sugerencias realizadas. Los resultados se dividen en los aspectos positivos, negativos y las propuestas para mejorar la metodología de la evaluación heurística y los aspectos positivos, negativos y las propuestas de mejora para la herramienta que implementa esta metodología: Open-HEREDEUX.

3.1 Resultados para la metodología

3.1.1 Aspectos positivos de la metodología

Estimamos que no existe mejor forma de presentar los aspectos positivos de la metodología que trasladando directamente los comentarios obtenidos tanto de los empleados de GFT como de

los de los investigadores de GRIHO. Así, los comentarios principales más destacados fueron:

- “Una muy buena idea que puede ayudar muchísimo en las evaluaciones de los profesionales del sector”(GFT)
- “Obtener un informe final con estadísticas de las puntuaciones de todos los evaluadores es infinitamente útil”(GFT)
- “Realizar evaluaciones heurísticas sociales puede revolucionar el mercado en el campo de la UX. Disponer de una herramienta que permita a centenares de personas evaluar mi aplicación es francamente brutal”(GFT)

3.1.2 Problemas de la metodología

A pesar de los comentarios positivos, también revelan cómo la metodología presenta los problemas que se detallan a continuación.

En primer lugar se encuentran los aspectos relacionados con los factores de severidad que se utilizan en la evaluación. Estos son las variables “impacto” (0, no es un problema – 4, es una catástrofe) y “frecuencia” (0, no aparece nunca – 4, aparece siempre) definidos por Nielsen en [8] ya que son los más comúnmente utilizados.

Los usuarios encuentran que los textos que definen dichos factores de severidad son de difícil comprensión. Además, de acuerdo con los comentarios recibidos, estas dos variables tienen poca relación con la redacción de las heurísticas, prefiriendo en ocasiones una puntuación bivalente Sí/No y, en el caso de que la heurística representara algún problema, disponer de la posibilidad de escoger los valores de los factores de severidad propuestos.

Otro aspecto a considerar de los factores de severidad, es la necesidad de reescribir algunas de las heurísticas para facilitar su ponderación. Esto sucede ya que algunas de las heurísticas están escritas en modo negativo para que las puntuaciones no se vean afectadas en los resultados. Por ejemplo, la heurística “¿No aparecen términos pertenecientes a alguna jerga?” está pensada para responder “no es un problema”, aunque se interpreta de forma muy confusa. Sin embargo, si estuviera redactada en afirmativo como “¿Aparecen términos pertenecientes a alguna jerga?”, se podría interpretar que obtener como respuesta que “no es un problema”, significaría que sí hay términos que pertenecen a una jerga.

Siguiendo con las heurísticas, se considera que presentar heurísticas que incluyen conjunciones, hace que se puedan dividir en dos y que por lo tanto sea difícil su valoración. Por ejemplo en: “¿Aparece al principio de la página información sobre donde están los usuarios e información de la última página visitada?”.

Finalmente, respecto los resultados de la evaluación, los comentarios instan a que aparezcan las propuestas de mejora de forma automática de acuerdo con las heurísticas que representan un problema para el sistema interactivo. Otro aspecto a remarcar es la falta de flexibilidad de los mismos. Se considera una necesidad disponer de distintas plantillas además de poder escoger qué información se muestra en cada una de ellas.

3.1.3 Soluciones propuestas

De acuerdo con todos los problemas detectados en el test, se proponen las soluciones que se pasan a comentar.

En lo referente a la redacción de las heurísticas, será necesaria una revisión de las mismas para mejorar tanto la comprensión como el detalle en la expresión.

En cuanto a los factores de severidad y de aplicación en futuras versiones de la metodología, se plantea la posibilidad de elegir para cada proyecto que se quiera evaluar, unos factores de severidad adecuados a cada caso concreto. De esta manera aparecerán distintas opciones como pueden ser Sí/No o Impacto/frecuencia, entre otros. Dependiendo de esta elección, se ofrecerán en los resultados aquellas estadísticas más adecuadas a cada caso, dependiendo del tipo de datos con el que se esté trabajando.

Aun así, independientemente de la configuración de los factores de severidad, aparecerá la opción de marcar una heurística como “no aplicable”.

3.2 Resultados para Open-HEREDEUX

3.2.1 Aspectos positivos de la herramienta

Del mismo modo que para evaluar la metodología, los principales comentarios que literalmente se han obtenido en referencia a Open-HEREDEUX han sido los siguientes:

- “Es una herramienta muy versátil que permite evaluar cualquier tipo de sistema interactivo” (GFT)
- “Facilita la recopilación de heurísticas tanto para el diseño como para la evaluación” (GRIHO)
- “La interfaz, aunque puede mejorar, permite realizar todo el proceso de forma transparente y, lo más importante, muy rápidamente” (GRIHO)

3.2.2 Problemas de la herramienta

Entre los problemas señalados por los usuarios se encuentra el hecho de que la interfaz de evaluación se presenta pasando por cada una de las heurísticas de forma individual. Los comentarios de los usuarios, respecto este tipo de presentación, apuntan a que el proceso se hace lento y pesado.

Otro problema del proceso de puntuación aparece cuando se deja una evaluación a medias. Cuando el evaluador vuelve a conectarse, no aparece en qué heurística se ha quedado y debe ir pasando una a una hasta llegar al sitio adecuado.

Por otra parte, es preciso mejorar la gestión de usuarios y de sesiones de usuario, con todo lo que ello conlleva para, por ejemplo, poder realizar un “log out” y así evitar que se mantengan las sesiones abiertas.

Otro problema a destacar se encuentra en el *feedback* que proporciona la interfaz. En el *Puntuador de heurísticas* sería preciso añadir información para conocer la cantidad de heurísticas que tiene la evaluación y las que faltan por responder. Además, se debería mejorar los mensajes de confirmación de acciones para que sean más amigables.

También se apreciaría que el responsable de la evaluación pudiera monitorizar la evolución de las evaluaciones conforme vayan realizándose.

Finalmente, debería considerarse una mejora en el diseño estético de toda la interfaz en general.

3.2.3 Soluciones propuestas

De acuerdo con los problemas detallados en la sección anterior se proponen las siguientes soluciones.

En referencia al *Puntuador de heurísticas*, se presentarían las heurísticas agrupadas por faceta, de modo que sólo se tendrá que

cambiar de pantalla cada vez que se termine de evaluar una faceta concreta. Además, en el caso de que un evaluador deje una evaluación a medias, se advertirá al mismo al volver a entrar y se ofrecerá la posibilidad de ir directamente a la faceta en la que se había quedado.

Otro aspecto importante donde se debe realizar un esfuerzo considerable es en la gestión de usuarios. Actualmente se realiza una gestión básica donde se pueden definir distintos roles con distintos permisos. Para futuras versiones, los responsables de los proyectos podrán configurar sus listas de usuarios para gestionar individualmente los evaluadores.

Evidentemente, se mejorará todo el *feedback* que ofrece la interfaz, tanto añadiendo más información del estado de la evaluación en el *Procesador de resultados*, como en los mensajes de confirmación de acciones.

De forma general se debería mejorar la hoja de estilo de la interfaz de forma que fuera estéticamente más agradecida.

Finalmente, se añadirán dos módulos adicionales. Por una parte, un módulo que permita al responsable del proyecto ver las puntuaciones de los evaluadores. Por otra parte, añadir flexibilidad al *Procesador de resultados*, de modo que se podrá observar el estado de la evaluación (los evaluadores que han finalizado y los que no) y podrán decidir qué evaluaciones se consideran en los resultados, pudiendo incluso omitir algunas de ellas.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La aceptación por parte de una empresa internacional de un proyecto que tiene su origen en una universidad, es uno de los retos a conseguir por los grupos de investigación pertenecientes a cualquier tipo de universidad. Así pues, solo considerando este aspecto, los resultados de este proyecto ya son altamente rentables.

El estudio de viabilidad realizado a la herramienta Open-HEREDEUX y a la metodología que implementa, ha manifestado tanto los aspectos positivos que se ofrecen, como las mejoras que deben implementarse para conseguir que Open-HEREDEUX sea una herramienta útil para una empresa del sector TIC. Además la propuesta de estas mejoras constata la utilidad de este tipo de test para mejorar los usabilidad de la interfaz aun y realizar un proceso de diseño centrado en el usuario por parte de los desarrolladores.

De acuerdo con este primer estudio en un contexto real de la metodología y de la herramienta, se puede decir que las hipótesis de partida se cumplen de la manera detallada a continuación.

El *Repositorio de heurísticas* dispone de la información necesaria para proporcionar las heurísticas más adecuadas para aplicaciones web ya que ninguna de las personas que han utilizado Open-HEREDEUX añadiría más información de la que ya se presenta y además, todos recomendarían el uso de la misma a otras empresas interesadas en considerar la UX en el proceso de desarrollo de un sistema interactivo. Por otra parte, 6 de los 8 participantes en esta evaluación creen que la automatización en la elección de las heurísticas más adecuadas para un sistema, ofrece una tarea mucho más eficiente que si se realiza la misma tarea de forma completamente manual.

Finalmente, los 3 responsables de proyecto que analizaron el informe de resultados coinciden en que la obtención de resultados

cualitativos y cuantitativos de forma absolutamente automática siguiendo el estándar ISO/IEC 25062 *Common Industry Format* [7] y en un formato editable, permite su fácil inclusión en informes empresariales corporativos de forma rápida, sencilla y de calidad. Además, consideran que el informe puede ir dirigido a responsables de proyectos, clientes y también a desarrolladores y diseñadores.

5. ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de ciencias e innovación a través del proyecto: InDAGuS-UX: Towards the sustainable development of open government data infrastructures with geospatial features - User Experience research project (TIN2012-37826-C02-02) y por la Universitat de Lleida con una beca predoctoral concedida a Lúcia Masip. La Universidad de Lleida quiere agradecer especialmente a los miembros del equipo de UX de la empresa GFT la colaboración en este proyecto.

6. REFERENCES

- [1] Masip, L., Oliva, M., and Granollers, T. 2011. OPEN-HEREDEUX: open heuristic resource for designing and evaluating user experience. In *Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction - Volume Part IV (INTERACT'11)*, Pedro Campos, Nuno Nunes, Nicholas Graham, Joaquim Jorge, and Philippe Palanque (Eds.), Vol. Part IV. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 418-421.
- [2] Nielsen, J., and Molich, R. 1990. Heuristic evaluation of user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '90)*, Jane Carrasco Chew and John Whiteside (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 249-256.
- [3] Masip, L., Oliva, M., and Granollers, T. 2011. User experience specification through quality attributes. In *Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction - Volume Part IV (INTERACT'11)*, Pedro Campos, Nuno Nunes, Nicholas Graham, Joaquim Jorge, and Philippe Palanque (Eds.), Vol. Part IV. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 656-660.
- [4] ISO, International Software Quality Standard, ISO/IEC 25010. *Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) System and software quality models* (2011)
- [5] Masip, L., Oliva, M. and Granollers, T.; 2010. Hacia la semiautomatización de la evaluación heurística: Primer paso, categorización de heurísticas, *Interacción 2010*, Grupo Editorial Garceta, Valencia, 7-10 of September, pp. 359-368.
- [6] Masip, L., Oliva, M., and Granollers, T. 2012. The open repository of heuristics. In *Proceedings of the 13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador (INTERACCION '12)*. ACM, New York, NY, USA, , Article 4 , 2 pages.
- [7] ISO/IEC 25062:2006 Software engineering -- *Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- Common Industry Format (CIF) for usability test reports*
- [8] Nielsen, J. *Severity Ratings for Usability Problems* (Alertbox: January 1995). Retrieved April 11, 2013, from: <http://www.nngroup.com/articles/how-to-rate-the-severity-of-usability-problems>.

Mejoras en accesibilidad software de la herramienta AVIP

Covadonga Rodrigo
UNED

Dpto. Lenguajes y Stmas Informáticos
Juan del Rosal 16 - 28040 Madrid
+34 91 398 6487
covadonga@lsi.uned.es

Noé Vázquez
INTECCA

Avda Astorga 15. Edificio UNED
24401 Ponferrada - León
+34 902 11 08 06
nvazquez@intecca.uned.es

Marta Vázquez
INTECCA

Avda. Astorga 15. Edificio UNED
24401 Ponferrada - León
+34 902 11 08 06
mvazquez@intecca.uned.es

ABSTRACT

La aplicación Conferencia Online es el software de gestión de las aulas virtuales asociadas al sistema de videoconferencia AVIP de la UNED y se utiliza diariamente en la actividad tutorial inter-centros de la universidad. Tras realizar un primer análisis sobre los defectos de accesibilidad de la herramienta se presentan en este trabajo las acciones realizadas para mejorar la accesibilidad web de dicho software.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computer Uses in Education]: Collaborative Learning, Distance Learning

K 4.2 [Social Issues]: Assistive technologies for persons with disabilities, Handicapped persons/special needs

General Terms

Design, Human Factors

Keywords

Webconferencia, accesibilidad, diseño para todos, entornos colaborativos, herramientas colaborativas.

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2006 se inicia en la UNED un gran proyecto denominado AVIP (Audiovisual sobre IP) de innovación tecnológica y metodológica consistente en el desarrollo de una herramienta intercampus que interconectase las tutorías presenciales de los Centros Asociados entre sí. En la actualidad existen un total de 606 aulas (Mayo 2013) repartidas por todo el territorio nacional que comparten señal de vídeo, audio y contenidos de forma síncrona, de forma que permite impartir y/o participar en una video-clase desde cualquier lugar con conexión a Internet. El sistema permite la grabación de video-clases en tiempo real, las cuales además se pueden acceder en diferido a través de un repositorio específico denominado Cadena Campus, que contiene ya más de 33.000 videos de contenido educativo.

Una de las primeras preocupaciones del proyecto era sin duda no excluir de su uso a las personas con diversidad funcional, sino

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

lograr poco a poco que fueran las más beneficiadas. Como dato, cabe mencionar que en el curso 2012/2013, la UNED ha sido escogida por el 45% de los estudiantes universitarios españoles con discapacidad, superando la cifra de 6.000 personas, por lo que claramente existe una obligación especial en la universidad para satisfacer el mayor grado de accesibilidad en sus servicios académicos. Gracias a los más recientes trabajos de análisis y rediseño llevados a cabo en la universidad sobre el uso de los diferentes agentes involucrados en esta herramienta AVIP (espacios físicos, hardware asociado, aplicaciones software) [1] se ha conseguido mejorar incluso la difusión a través de los dispositivos móviles y tabletas, consiguiendo nuevos recursos de texto (transcripción), audio (formato mp3) y vídeo subtulado que redunda indudablemente en la calidad global de los recursos educativos audiovisuales en beneficio de todos los estudiantes.

2. LA HERRAMIENTA AVIP Y CONFERENCIA ONLINE

La aplicación Conferencia Online es la aplicación que permite realizar webconferencias de uno (docente) a muchos (estudiantes), admite varios roles diferenciados (moderador, presentador e invitado) y dispone de funcionalidades adicionales como pods individuales de vídeo, audio, chat, pizarra colaborativa, presentaciones, mostrar escritorio, generación de actas de trabajo... (Figura 1). Esta aplicación se encuentra además integrada en la plataforma aLF de e-learning de la UNED basada en dotLRN [2],[3],[4].



Figura 1. Entorno de la aplicación Conferencia Online

Una vez que la aplicación Conferencia Online se comenzó a usar de forma generalizada para impartir tutorías inter-centros de enseñanza reglada en la universidad se empezaron también a recoger los primeros defectos en términos de accesibilidad. Así, con el objetivo de mejorar la herramienta comienza en el año

2010 un proyecto de mejora continua [5] realizado en cooperación con la información recibida a través del centro UNIDIS de atención a la discapacidad en la UNED y el CAU, centro de asistencia técnica al usuario.

3. ANÁLISIS GRADO DE ACCESIBILIDAD

A continuación se presenta el análisis de la accesibilidad de la herramienta, empezando por revisar la normativa aplicable, después el acceso via Internet, a continuación la herramienta software propiamente dicha y por último la revisión de los resultados obtenidos a través de encuestas realizadas a los usuarios.

3.1 Normativa aplicable

La aplicación Conferencia Online funciona con el *plug-in* Adobe Flash Player, por lo que al revisar el cumplimiento de accesibilidad, era imprescindible tener como marco normativo de referencia las técnicas del WCAG 2.0 para Adobe Flash [6].

Asimismo se tuvieron en cuenta como normas de referencia las normas para la accesibilidad del software, siendo las más relacionadas: UNE 139802:2009[7], UNE 139803:2004[8] y ATAG 2.0 [9].

Todas estas normas y el detalle de los puntos de aplicación se recogen en varios trabajos ya publicados [10, 11].

3.2 Análisis del acceso a la aplicación

Debido a que el acceso al software Conferencia Online se realiza a través de un portal en Internet, era necesario analizar las páginas de entrada. Así, se analizaron los doce aspectos o criterios de accesibilidad que se indican como puntos de verificación y que sintetizan la mayoría de las Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web 2.0 de W3C/WAI (WCAG 2.0) correspondientes a los niveles A y AA (véase los resultados en Tabla 1). Para completar el estudio se realizó también el Test de Accesibilidad Web (TAW).

Tabla 1. Cumplimiento del portal de acceso a la aplicación

Páginas	Criterios conformes	Criterios no conformes	Cumple
Inicio	4	4	50%
Acceso	1	7	12,5%
Autenticación	3	6	33,3%
Plataforma AVIP	2	6	25%
Mis Aulas	2	9	18,2%
Listado grabaciones	1	8	11,1%

Los criterios de mayor cumplimiento fueron el 9: "Uso semántico del color" con un 100% de cumplimiento, seguido de 7: "Enlaces" y 6: "CSS" con un 50%, 12 Scripts con un 16,7%. El resto de los criterios no se cumple, a excepción del 2: "Marcos", que a pesar de tener un 0% de cumplimiento es debido en realidad a que las páginas analizadas no contienen marcos. Los criterios 10: "Tablas" y 11: "Tablas", solamente son de aplicación a una página de las seis páginas analizadas.

Con todo lo anterior, la media de los porcentajes de éxito teniendo en cuenta los 12 criterios es de un 18%, resultado que se puede considerar bajo, si bien la media del porcentaje global de

cumplimiento de criterios de accesibilidad el caso de las páginas web necesarias para acceder a Conferencia Online alcanza el 25%.

3.3 Análisis aplicación Conferencia Online

Para realizar este test se evaluó la aplicación Conferencia Online (realizada como se ha indicado en Adobe Flash) siguiendo las 37 técnicas específicas recogidas por el W3C para WCAG2.0.

La evaluación se particulariza para cada una de las técnicas utilizando el software aDesigner y los resultados fueron recogidos junto con el listado de los errores encontrados. Así, el resultado de este test indica que se cumplen 8 técnicas, 19 no se cumplen y otras 10 no resultan de aplicación en este caso. Por tanto, se puede decir que el nivel de cumplimiento es del 29,6%. Entre los principales aspectos de incumplimiento detectados – importantes a tener en cuenta- se detallan los siguientes:

- Deben marcarse todos los objetos que no son texto para que puedan ser leídos por tecnologías de apoyo. Se encuentran 122 elementos que necesitan una descripción equivalente en texto.
- Todos los controles deben describirse con texto, valorando el nivel de detalle necesario en cada uno de ellos.
- Es necesario valorar si los logos de la aplicación deben o no ocultarse a las tecnologías de apoyo.
- Se debe habilitar un botón adicional que confirme el cambio realizado por el usuario en el interfaz o contenido enviado. Es de aplicación, por ejemplo, al cambiar el perfil de un usuario con un combobox, cambio de página, color de trazo, escritura, cambio de idioma, etc.
- Es necesario permitir al usuario deshacer acciones realizadas en la herramienta en el caso de que se haya equivocado.
- Se debe añadir al nombre de los controles el grupo al que pertenecen. Por ejemplo en el caso de aquellos incluidos en Ver, Trazo, Herramientas, Preferencias, etc.
- Para todo el contenido audiovisual deberían existir subtítulos que el usuario puede activar o desactivar a su elección.
- El gráfico de Monitor de Ancho de Banda necesitaría un panel con mayor información disponible a través de un botón.
- A pesar de que la aplicación efectivamente permite desplazarse por los controles de la aplicación con el uso del tabulador, se identifican algunos problemas de navegación. No hay ToolTip en los desplazamiento con tabulador aunque si existe en el desplazamiento con el ratón. Deberá por tanto facilitarse la navegación mediante teclado en todos los recorridos.
- Es imprescindible revisar el orden de lectura con el uso de un lector de pantalla. Al realizar los tests no siempre se sigue un orden lógico de navegación. La presentación de los elementos en pantalla y su lectura por tecnologías asistivas deberá, por tanto, seguir un orden lógico.
- Es necesario incluir un control HTML accesible al inicio del documento (orden de tabulación) que pueda desconectar el sonido en el caso de que al acceder a la aplicación este comience automáticamente.
- Debería remarcarse el foco con algún tono más fuerte para facilitar su visualización y seguimiento en la pantalla.
- Es necesario valorar la necesidad de incluir un botón de activación/desactivación de audiodescripciones.

- Si el chat incorpora emoticonos en un futuro será necesario un texto equivalente accesible.
- El área activa no se redimensiona adecuadamente al utilizar el aumento del navegador (Control + "+") aunque sus dimensiones de anchura/altura si están bien especificadas en unidades relativas. Podrá valorarse la posibilidad de implementar alguna solución de ampliador de pantalla, que facilite el manejo de la aplicación a usuarios con dificultades visuales.
- Cuando se inicie un sonido de manera automática al reproducir grabaciones y en el caso de que un lector de pantalla como por ejemplo JAWS sea detectado, el sonido tendrá que ser activado manualmente.

Todos estos aspectos de incumplimiento fueron valorados y priorizados a la hora de planificar las mejoras de accesibilidad, detalladas en el apartado 4.

3.4 Encuestas a usuarios

Para poder contar con la información de primera mano de los usuarios se hizo un llamamiento a la participación a estudiantes con discapacidad matriculados en la UNED. Con este objetivo se prepararon cuestionarios/encuestas web relacionadas con el uso del software Conferencia Online en el que se incluían la realización de ciertas tareas de forma que se pudieran compartir los problemas que habían encontrado. En total se incluyeron 25 preguntas relacionadas con los diferentes componentes de la aplicación (documentos, chat, ponentes, pizarra, grabaciones y usuarios conectados) que requerían que el usuario hubiera utilizado la aplicación antes de responder a la encuesta.

Asimismo se prepararon videotutoriales y audiotutoriales de la herramienta que se pusieron a disposición de los estudiantes participantes junto con los manuales de uso, y se facilitó un correo electrónico específico para atender las consultas.

También se facilitó la creación de salas virtuales de prueba para que todos los usuarios tuvieran acceso a la misma plataforma y se animó a la formación de grupos de trabajo para favorecer la interacción entre los participantes.

En total participaron 87 estudiantes de diferentes Centros Asociados distribuidos en todo el territorio nacional y matriculados en 309 asignaturas diferentes. Los estudiantes formaban un grupo heterogéneo con distintas discapacidades que se clasificaron en cuatro grupos de discapacidades: Física, Visual, Auditiva y Psíquica. (ver distribución en la Figura 2).

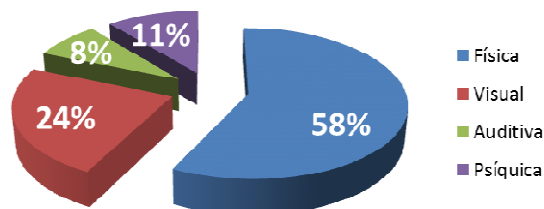


Figura 2. Estudiantes por tipo de discapacidad

Dado que la herramienta evaluada dispone de una funcionalidad para recoger encuestas y opiniones de los estudiantes en tiempo real, se aprovechó su uso en este estudio para recoger varias propuestas de mejora, gran mayoría de ellas enfocadas a la mejora

de la usabilidad y de la accesibilidad que también han sido revisadas por los desarrolladores.

Como conclusión a este apartado, a partir de estos datos y los recogidos en los apartados anteriores (grado de cumplimiento de la accesibilidad en el acceso a la aplicación y uso de la misma) se realizó una planificación de ejecución de mejoras que se muestra a continuación.

4. MEJORAS IMPLEMENTADAS

Las mejoras escogidas resuelven algunos de los puntos detectados y se priorizaron los desarrollos en base a los resultados obtenidos de los análisis y la distribución de los estudiantes por tipo de discapacidad participantes (Figura 2). Estas mejoras se describen en los siguientes apartados.

4.1 Color, contraste y brillo

Se ha mejorado el contraste de los colores e iconos utilizados maximizando el contraste y utilizando aquellas combinaciones de los mismos que sean perfectamente diferenciables para aquellas personas con algún tipo de discapacidad visual que dificulte el reconocimiento de colores.

4.2 Lupa

Se ha incorporado al software la posibilidad de aumentar el contenido mostrado en el área de pizarra. Esta herramienta "Lupa" permite dos opciones, una ampliación de una franja horizontal del área de pizarra, o la ampliación de la posición del ratón sobre la zona de la pizarra, utilizando el usuario aquella que le parece más cómoda. (Figura 3).

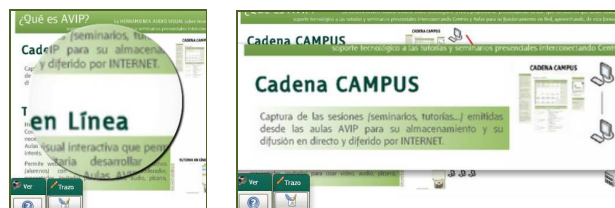


Figura 3. Seguimiento ratón y ampliación franja horizontal de la herramienta Lupa

4.3 Deshacer y rehacer

Se ha implementado una mejora que permite al usuario deshacer los trazos que haya realizado previamente sobre la pizarra o el documento. De esta forma se aumenta la tolerancia al error por parte del usuario y se facilita la escritura sin errores en la pizarra.

Asimismo, se permite que aquellos trazos deshechos vuelvan a poder aplicarse a la pizarra si el usuario lo estima oportuno. Esta mejora es muy importante para estudiantes con discapacidad física.

4.4 Lectores de pantalla

Inicialmente se habilitó la compatibilidad de la herramienta con los lectores de pantalla y aunque funcional, presentaba bastantes problemas. Se han recolocado los elementos del interfaz para que estos lectores sigan un orden más natural.

Asimismo se ha mejorado el conjunto de textos asociados a cada elemento de la herramienta para que sean más fáciles de reconocer a través de los lectores de pantalla.

En este apartado queda todavía trabajo pendiente para que sea aún más intuitivo, posiblemente se apostará por desarrollar una versión simplificada de la herramienta apropiada para estos lectores de pantalla.

4.5 Inclusión contenido accesible

Para generar videoclases más accesibles se ha dotado la herramienta de la posibilidad de incluir contenido accesible asociado a dichos recursos multimedia. Se ha desarrollado un menú contextual que agrupa contenidos accesibles, clasificados mediante iconos, de forma que para el usuario son fácilmente identificables dependiendo del tipo de recurso del que se trate. De esta manera el usuario puede disponer de la transcripción de un video, del fichero de subtítulos, de la pista de audio de ese video, de los ficheros de audiodescripciones, etc (Figura 4).

Figura 4. Contenido accesible asociado a las videoclases

5. LINEAS DE FUTURO

La aplicación Conferencia Online es una herramienta diseñada para facilitar las actividades educativas en un aula virtual que permite trabajar a través de internet. Es una herramienta eficaz, versátil, fácil de usar, en continua evolución, y con un impacto muy importante a la hora de difundir el conocimiento y facilitar el aprendizaje. Debe ser plenamente accesible a todos los usuarios, tengan algún tipo de discapacidad o no. Se trata, por tanto, de hacer el contenido accesible en sí mismo, posibilitar y asegurar el acceso al contenido y hacer la interacción intuitiva en el acceso al usuario.

Actualmente se está preparando la plataforma para permitir trabajos colaborativos en el campo de la accesibilidad, de forma que los usuarios puedan aportar contenidos accesibles e incorporarlos a las video-clases, entre ellos la generación de subtítulos, transcripciones, etc.

Tras los cambios implementados sería interesante volver a realizar el estudio para analizar el grado de mejora alcanzado.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración en este proyecto varios agentes de la universidad que han trabajado de forma colaborativa :

Vicerrectorado de Tecnología, UNIDIS (Centro de Atención a Universitarios con discapacidad de la UNED, INTECCA (Innovación y Desarrollo Tecnológico de los Centros Asociados), el Centro Asociado de la UNED de Lugo y los estudiantes con discapacidad que han participado activamente en el estudio.

7. REFERENCIAS

- [1] Rodrigo, C., Vázquez, N., Vázquez, M. 2013. *Análisis del grado de accesibilidad de la herramienta AVIP en un entorno Blended-Learning a distancia*. IV Congreso Internacional sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual CAFVIR 2013 (Lisboa, Portugal, Abril 2013).
- [2] .LRN Learn, Research, Network. <http://dotlrn.org/about/index>
- [3] Boticario, J.G. et al. 2005. *aLF: Un entorno abierto para el desarrollo de comunidades virtuales de trabajo y cursos adaptados a la Educación Superior*. I Jornadas sobre el uso de las TICs en la Uned. Madrid, 14-15 Abril 2005
- [4] Pastor, R. et al. 2005. *Un Entorno Abierto para el soporte metodológico a Comunidades Virtuales de Trabajo y Cursos en línea*. XI Encuentro AIESAD. México DF, 20-21 Junio 2005
- [5] Rodrigo, C.; Núñez, J.; Martínez, D.; Vázquez, M., "Accesibilidad de la Herramienta AVIP: Análisis del uso de instalaciones en un entorno Blended-Learning a Distancia" Actas I Jornadas Internacionales de Innovación Docente Universitaria en entornos de aprendizaje enriquecidos. (UNED, Madrid Sept 2012).
- [6] W3C Especificación: Flash Techniques for WCAG 2.0. <http://www.w3.org/WAI/GL/2010/WD-WCAG20-TECHS-20100708/flash.html>. (2010)
- [7] UNE 139802:2009. (2009) *Requisitos de accesibilidad al ordenador. Software*.
- [8] UNE 139803:2004. (2004) *Requisitos de accesibilidad para contenidos en la Web*
- [9] W3C Especificación: ATAG 2.0. <http://www.w3.org/TR/2010/WD-ATAG20-20100708/>. (2010)
- [10] Vázquez, M., Rodrigo, C. 2012. *Accesibilidad en Contenido Multimedia: Normas y Principios de Aplicación en la Herramienta AVIP*. IV Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA 2012). Loja (Ecuador)
- [11] Vázquez, M., Vázquez, N., Novo, M., Rodrigo, C. 2013. *Accesibilidad de la herramienta AVIP: Análisis del uso de instalaciones en un entorno Blended-Learning a distancia*. Conferencia Internacional UNED-ICDE 2013 (Madrid, España, Marzo 2013)

Colaboración y Ubicuidad

<i>Experiencias en la especificación colaborativa de métodos de evaluación de usabilidad.</i> Andrés Solano, César Collazos, Toni Granollers y José Luis Arciniegas (C)	153
<i>Monitorización y Sincronización de Recursos Compartidos en Aplicaciones Móviles Colaborativas Soportadas por MANETs.</i> Gabriel Guerrero-Contreras, Kawtar Benghazi, José Luis Garrido, Carlos Rodríguez-Domínguez y Manuel Noguera (C)	157
<i>CopyFlyPaste: Copy&Paste Distribuido.</i> Pedro González Villanueva, Ricardo Tesoriero y Jose A. Gallud (C)	161

Experiencias en la especificación colaborativa de métodos de evaluación de usabilidad

Andrés F. Solano
 Universidad del Cauca
 Carrera 3 #3N-100, Sector Tulcán.
 (57)+2+8209800, ext. 2133
 afsolano@unicauca.edu.co

Toni Granollers
 Universidad de Lleida
 C/de Jaume II, 69 Campus Cappellet.
 (+0034) 973 702 750
 antoni.granollers@udl.cat

César A. Collazos
 Universidad del Cauca
 Carrera 3 #3N-100, Sector Tulcán.
 (57)+2+8209800, ext. 2133
 ccollazo@unicauca.edu.co

José Luis Arciniegas
 Universidad del Cauca
 Carrera 3 #3N-100, Sector Tulcán.
 (57)+2+8209800, ext. 2114
 jlarci@unicauca.edu.co

RESUMEN

Desde siempre conviene que varias personas trabajen de forma colaborativa para alcanzar objetivos comunes. Existe un gran número y variedad de procesos para alcanzar un determinado objetivo, sin embargo, una buena cantidad de dichos procesos han sido concebidos para ser llevados a cabo en ambientes de trabajo individual. Por tal razón, en el área de Ingeniería de Colaboración ha sido propuesta la *Metodología para el Desarrollo de Procesos Colaborativos*, mediante la cual se obtiene la especificación colaborativa de un proceso determinado. Este artículo presenta una serie de experiencias y recomendaciones producto del uso de dicha metodología y de la interacción con estudiantes de la Universidad del Cauca (Colombia), que participaron en el proceso de obtener la especificación colaborativa de un método de evaluación de usabilidad de sistemas software.

Palabra claves

Métodos de evaluación de usabilidad, trabajo colaborativo, metodología para el desarrollo de procesos colaborativos.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día es cada vez marcada la tendencia progresiva a trabajar de forma colaborativa entre personas para alcanzar un objetivo común, donde el trabajo se organiza en equipos y cada integrante interactúa con el resto del grupo para obtener una mejor productividad [1][2]. Al integrar aspectos de trabajo colaborativo a un proceso determinado, el objetivo no es sólo la mejora de la comunicación, sino también lograr mayor participación, compromiso, entre los integrantes de un grupo que trabajan en torno a una actividad común, lo que conlleva a una mejor calidad del producto elaborado.

Centrándonos en el contexto del diseño y evaluación de interfaces de usuario, el proceso de evaluación de usabilidad no es ajeno a esta tendencia de trabajar colaborativamente. Desde siempre, la

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

disciplina *Interacción Humano-Computador* reconoce la necesidad de equipos multidisciplinares que permitan realizar una evaluación de forma más adecuada. Así, con el objetivo de mejorar el proceso tradicionalmente definido, la *Metodología para el Desarrollo de Procesos Colaborativos* (MDPC) [3] ha sido utilizada para obtener la especificación colaborativa de un conjunto de métodos de evaluación de usabilidad (MEU). En dicha especificación son definidos procesos colaborativos (en los que participan varias personas de diversas áreas de conocimiento, las cuales pueden estar distribuidas geográficamente), los roles de los miembros del grupo, el proceso de comunicación a establecer, entregables a generar, entre otra información relevante. Con base en lo anterior, este artículo presenta una serie de experiencias y recomendaciones obtenidas a partir del uso de la MDPC y de la interacción con estudiantes de la Universidad del Cauca (Colombia) que participaron durante su aplicación.

La sección 2 presenta los conceptos teóricos básicos relacionados con la temática del artículo. La MDPC es descrita en la sección 3. La sección 4 presenta un conjunto de estudios previos en los que ha sido aplicada la MDPC, luego, la sección 5 presenta una serie de experiencias y recomendaciones obtenidas a partir del uso de dicha metodología. Finalmente, la sección 6 presenta algunas conclusiones y trabajos futuros.

2. CONCEPTOS TEÓRICOS

2.1 Trabajo colaborativo

El trabajo colaborativo es definido como “la nominación general y neutral de múltiples personas que trabajan juntas para producir un producto o servicio” [4]. El trabajo colaborativo persigue “el desarrollo de conocimiento compartido entre los participantes del grupo, la aceleración de los flujos de información, la coordinación de los flujos de recursos para producir economías de costos y tiempos” [1]. En este tipo de prácticas, los miembros del grupo tienen la oportunidad de aprender tomando en consideración otros puntos de vista, maneras distintas de hacer las cosas, experiencia de otros y la forma como dan solución a problemas similares [5].

2.2 Ingeniería de la Colaboración

La Ingeniería de Colaboración (IC) es un acercamiento al diseño de procesos colaborativos reutilizables [3]. Los procesos colaborativos necesitan ser explícitamente diseñados y estructurados. Este es el eje central de la IC, en la cual “son diseñados procesos repetitivos colaborativos, los cuales se pueden

transferir a grupos, usando técnicas y tecnología de colaboración” [3]. En la IC se destacan los elementos: *patrones de colaboración* y *thinklets*, que son la base para obtener la especificación colaborativa de un proceso determinado, mediante el uso de la MDPC. Dichos elementos se describen a continuación.

Patrones de colaboración: son guías de “cómo se ejecutará un determinado proceso”, definen la manera como los participantes de una actividad grupal van de un estado inicial a un estado final [3]. Los patrones son [3]: generación, reducción, clarificación, organización, evaluación y construcción de consenso.

Thinklet: como fue indicado anteriormente, los patrones de colaboración son una guía de cómo se ejecutará un proceso. Sin embargo, la descripción de los patrones no presenta una forma detallada para guiar a un equipo de forma precisa a través de la ejecución de un proceso. Así, debe ser posible seleccionar bloques de construcción existentes y unirlos para especificar cómo un determinado patrón debe realizarse. Los thinklets proveen estas capacidades; un thinklet “constituye la unidad más pequeña del capital intelectual necesario para crear un patrón de la colaboración repetible y predecible entre las personas que trabajan hacia un objetivo” [6]. Los *thinklets* son modificables, pueden usarse para construir nuevos grupos de procesos, son fácilmente aprendidos, recordados y pueden adaptarse fácilmente a un diseño de proceso [3][7].

3. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PROCESOS COLABORATIVOS - MDPC

La MDPC [3] permite obtener la especificación colaborativa de un proceso, ésta consta de las siguientes fases: Diagnóstico de la tarea, Evaluación de la actividad, Descomposición de la actividad, Relación de *thinklets*, Documentación de diseño y Validación del diseño. La metodología permite generar y estructurar procesos colaborativos, a partir de la identificación de tareas/actividades recurrentes y/o destacadas. De esta manera, las actividades especificadas de forma colaborativa promueven la comunicación, la coordinación y la negociación, con el fin de aumentar la productividad en la realización de dichas actividades. El procedimiento a seguir en cada fase es el siguiente:

Fase 1 - Diagnóstico de la tarea: descripción detallada del proceso (tarea) objeto de estudio. Incluye información sobre los entregables, requisitos, participantes y demás características relevantes del proceso.

Fase 2 - Evaluación de la actividad: para el proceso objeto de estudio, deben identificarse las actividades generales que lo componen y determinar la secuencia entre ellas.

Fase 3 - Descomposición de la actividad: descripción de las subactividades que componen cada una de las actividades generales identificadas en la fase anterior (Fase 2). La división de las subactividades permite identificar cuáles se realizarían de forma colaborativa, a las cuales se les asocia uno (ó más) patrones de colaboración.

Fase 4 - Relación de thinklets: en esta fase se relacionan los *thinklets* a las subactividades definidas como colaborativas.

Fase 5 - Documentación del diseño: a partir de la información obtenida en las fases anteriores, en esta fase deben generarse los

siguientes elementos definidos en IC: descripción del proceso, agenda detallada, y modelo de facilitación del proceso.

Fase 6 - Validación del diseño: en esta fase se valida la especificación del proceso colaborativo. La metodología ofrece las siguientes formas de validación: prueba piloto, recorrido, simulación y discusión con colegas.

4. TRABAJOS PREVIOS

La MDPC ha sido aplicada en el ámbito de los MEU [8]. En la metodología se destacan los *thinklets* como elementos claves en la especificación colaborativa de procesos, ya que pueden usarse y adaptarse fácilmente para construir dichos procesos. La MDPC ha sido utilizada en los siguientes estudios:

- Adecuación del Modelo de Proceso de Ingeniería de la Usabilidad y Accesibilidad (MPIU+A) a través de Estrategias de Trabajo Colaborativo para el Desarrollo de Entornos Web [9].
- Métodos de Indagación Colaborativos para la Evaluación de Usabilidad de Software [10].
- Modelo de Proceso para el Diseño de Técnicas Colaborativas de Evaluación de Usabilidad de Software [11].
- Propuesta Metodológica para la Evaluación Colaborativa de la Usabilidad de Aplicaciones de Televisión Digital Interactiva [12].

Los estudios 1 y 2 fueron realizados por estudiantes de la Universidad del Cauca (Colombia) en la etapa de pregrado. En dichos trabajos se obtuvo la especificación colaborativa de los MEU: observación de campo, entrevistas, grupo de discusión dirigida (*focus group*) y recorrido cognitivo.

Los estudios 3 y 4 fueron llevados a cabo por estudiantes de la Universidad del Cauca (Colombia) en la etapa de posgrado. El estudio 3 propone un referente a partir del cual las personas responsables de estructurar el proceso de evaluación, puedan adecuar MEU a contextos en los cuales se requiera trabajar de manera colaborativa. El estudio 4 establece una propuesta metodológica para evaluar de forma colaborativa la usabilidad de aplicaciones de Televisión Digital Interactiva. En este trabajo fue realizada la especificación colaborativa de los MEU: evaluación heurística, interacción constructiva, experimentos formales, cuestionarios y entrevistas. Adicionalmente, para la realización de las actividades colaborativas, en este estudio fueron utilizadas herramientas software como: correo electrónico y videoconferencia (Skype y Hangout) para comunicación, Semantic MediaWiki como herramienta de coordinación y herramientas ofimáticas colaborativas (GoogleDocs) para la cooperación entre los participantes del proceso de evaluación.

Por otro lado, la MDPC fue aplicada por los autores del presente artículo junto con un grupo de 16 estudiantes de séptimo semestre del programa Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Cauca, con el fin de obtener la especificación colaborativa de un proceso que fuese familiar y de uso recurrente para ellos. El proceso (realización de las fases que conforman la metodología) con los estudiantes tuvo una duración aproximada de cuatro (4) horas. Cabe mencionar que en el proceso participaron estudiantes con una edad entre 23 y 27 años de edad y no tienen experiencia previa en el diseño de procesos colaborativos.

5. EXPERIENCIAS Y RECOMENDACIONES

A partir de los estudios previos y casos prácticos con estudiantes, son planteadas una serie de experiencias en base al uso de la MDPC y de la interacción con equipos interdisciplinarios, además, son planteadas algunas recomendaciones a considerar para futuros trabajos que tengan en cuenta estos aspectos.

- Respecto a la etapa de preparación o planeación para ejecutar los MEU, en los métodos tradicionalmente definidos (que no incluyen aspectos de trabajo colaborativo) el evaluador encargado tarda menor cantidad de tiempo en comparación a los métodos diseñados de forma colaborativa. Esto ocurre porque en los métodos tradicionales el evaluador encargado sigue un proceso informal para obtener la información necesaria previa a la ejecución de los mismos, mientras que en los métodos colaborativos se ha establecido un conjunto de actividades bien definidas que debe seguir el evaluador encargado. Esto es, en cada actividad son indicados los entregables a generar, *thinklet* y patrón de colaboración, proceso colaborativo (si la actividad ha sido definido como colaborativa), participantes, entre otra información.
- Considerando que existen algunos pocos MEU, que por naturaleza, presentan características que los distinguen como métodos colaborativos, ya que en su ejecución participan varios evaluadores, como por ejemplo: la evaluación heurística; el tiempo demorado en ejecutarlos de la forma tradicional en comparación a la forma “colaborativa” no presenta una diferencia significativa. Sin embargo, es destacable que en la forma “colaborativa” el proceso para llevarlos a cabo es detallado en mayor medida, de tal manera que pueden identificarse claramente los entregables correspondientes a cada actividad que lo conforma. Además, en las actividades que son colaborativas por la naturaleza de los métodos, se establece claramente (mediante la asociación de *thinklets*) el proceso de comunicación entre los evaluadores que participan en el desarrollo de dichas actividades.
- Respecto a la etapa de ejecución de los MEU, que incluye el proceso de desarrollo y análisis de resultados, el tiempo demorado por los métodos de prueba diseñados de forma colaborativa se estima que es menor respecto a los métodos tradicionales. Esto radica en que la información recolectada en las pruebas de usabilidad (como grabaciones de audio y video, entre otra) es distribuida entre el grupo de evaluadores que participan en el proceso de evaluación, así el tiempo analizando la información se reduce significativamente.
- La cantidad de problemas de usabilidad identificados con los MEU colaborativos, respecto a los métodos tradicionales, es mayor. Esto se debe a que al trabajar de forma colaborativa se tienen diferentes perspectivas de varias personas (evaluadores expertos interdisciplinarios), por lo que la posibilidad de obtener mejor realimentación al analizar la información, es mayor. Ahora bien, respecto al análisis de resultados a partir de las pruebas de usabilidad, el trabajo colaborativo contribuye a disminuir el esfuerzo del evaluador encargado al momento de analizar e interpretar los datos recolectados. Además, el trabajo en colaboración con otros evaluadores ayuda a tener resultados más ricos en contenido y que estos no se vean afectados por la percepción de una sola persona.
- Las actividades generales que conforman un proceso conviene agruparlas o clasificarlas, por ejemplo, las actividades que conforman los MEU diseñados de forma colaborativa, fueron agrupadas en dos etapas: la primera etapa (planeación) se compone de las actividades realizadas antes de ejecutar el método y la segunda etapa (ejecución) se compone de las actividades realizadas durante y después de ejecutarlo. La clasificación de las actividades permite diseñar de forma más estructurada y ejecutar de forma más ordenada un proceso especificado de forma colaborativa. Ahora, las actividades iniciales (de la etapa de planeación, por ejemplo) deben ser realizadas cuidadosamente, ya que la continuación y el progreso de las demás actividades se encuentran sujetos a estas, a las condiciones de tiempo y recursos.
- El tiempo para completar las actividades colaborativas que conforman un proceso puede variar según el número de integrantes que conformen el grupo. Con base en lo anterior, conviene que los integrantes del grupo trabajen de manera síncrona, lo cual se considera, disminuirá en gran medida el tiempo de ejecución de las actividades.
- En los trabajos antes mencionados, durante el diseño de las actividades colaborativas, en la tercera fase de la metodología (*Descomposición de la actividad*) fueron asociados a algunas actividades colaborativas tres o cuatro patrones de colaboración (entre los cuales están: *generación, reducción, organización y evaluación*). Dado que los expertos involucrados en el proceso de evaluación muchas veces tienen restricciones de disponibilidad, es posible ignorar el *thinklet* asociado al patrón de colaboración: *evaluación*. Esto ocurre porque en la ejecución de los *thinklets* asociados a los patrones de colaboración: *generación, reducción u organización*, está implícito el proceso de evaluación. La recomendación anterior aplica para actividades colaborativas que tienen asociados varios patrones de colaboración (incluido el patrón de colaboración: *evaluación*) y en su realización participan personas con un alto nivel de experticia.
- Respecto a la segunda y tercera fase de la metodología, *Evaluación de la actividad y Descomposición de la actividad*, respectivamente, es posible integrar estas fases en la medida que sean detalladas las actividades que conforman un proceso determinado. Esto es, si en la segunda fase son identificadas minuciosamente las actividades que conforman el proceso, no sería necesario definir las subactividades en la tercera fase.
- En la cuarta fase de la metodología, *Relación de thinklets*, algunas actividades colaborativas tienen asociados los *thinklets*: *FreeBrainstorm* y *FastFocus*, en los patrones de colaboración: *generación y reducción*, respectivamente. Dado que la combinación de estos *thinklets* es un proceso demorado, y los expertos disponen de tiempo limitado, se recomienda utilizar la combinación de *thinklets*: *OnePage* y *Pin the Tail on the Donkey*, también pertenecientes a los patrones de colaboración: *generación y reducción*, respectivamente. Estos *thinklets* permiten lograr el objetivo de la actividad en menor tiempo, aunque puede que no todos los miembros del grupo participen en la misma medida.
- Durante la realización de la sexta fase de la metodología, *Validación del diseño*, para los MEU fueron realizadas las formas de validación: *Simulación y Prueba piloto*. En muchos casos se llegó a la conclusión que en las actividades que tenían

asociado el patrón de colaboración: *evaluación*, y que adicionalmente, tenían asociados patrones de *generación* y *reducción*, los resultados obtenidos no eran significativos con el uso del patrón de *evaluación*, en comparación al esfuerzo requerido para ejecutar el *thinklet* asociado a ese patrón. De igual manera, en algunas actividades que tenían asociados los patrones de *generación* y *reducción*, el patrón de *reducción* fue eliminado, ya que durante el proceso de generación se trataba de obtener información definitiva por parte de los evaluadores (al tratarse de personas expertas).

- Los equipos de trabajo, responsables del proceso de evaluación de usabilidad de sistemas interactivos, presentan los mismos desafíos que tiene cualquier otro equipo, tales como participantes dominantes o tímidos, equivocaciones, falta de consenso, conformación inadecuada del equipo, entre otros. No necesariamente, los expertos en usabilidad tienen las habilidades requeridas para coordinar esos desafíos y guiar las pruebas de usabilidad satisfactoriamente. La evaluación de usabilidad de sistemas interactivos es un proceso que requiere de tiempo y de experiencia en el área. Por tal razón, fue muy importante involucrar varias personas (profesionales directamente implicados en el desarrollo de los sistemas, ingenieros de sistemas, ingenieros electrónicos, expertos en diseño gráfico, usuarios finales y expertos en usabilidad) durante la evaluación de usabilidad de los sistemas, buscando que se lleve a cabo de manera exitosa.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Dado que es poca la documentación sobre guías o lineamientos de cómo especificar actividades de forma colaborativa, este artículo presenta una serie de recomendaciones (provenientes de un conjunto de experimentaciones) las cuales se pretende sean consideradas por personas responsables de estructurar procesos colaborativos.

La realización de un proceso diseñado de forma colaborativa incrementa en gran medida la posibilidad de obtener resultados más completos y ricos en contenido, respecto a un proceso que no integra aspectos de trabajo colaborativo. Teniendo en cuenta los estudios previos antes mencionados, ha sido identificado un conjunto de MEU adecuados para ejecutar en diferentes entornos (web, televisión digital interactiva), los cuales pueden ser realizados de la forma tradicional (como se han definido), obteniendo resultados significativos. Sin embargo, la realización de dichos MEU diseñados de forma colaborativa, permite en gran medida obtener mejores resultados en el proceso de evaluación de los sistemas interactivos, relacionados a factores como: número de problemas identificados y tiempo de análisis de resultados.

Las principales actividades futuras están relacionadas a una mayor experimentación con la MDPC, con el objetivo de obtener una mayor cantidad de recomendaciones y/o experiencias relacionadas al uso de la misma. También, resulta conveniente difundir la metodología a la comunidad académica, con el fin de que sea considerada en investigaciones que tratan temas de trabajo colaborativo, aprovechando que ésta puede adaptarse fácilmente a diferentes entornos. Por otro lado, considerando que la ejecución de algunas fases que conforman la metodología puede resultar una tarea tediosa para los diseñadores de procesos colaborativos por su alto componente teórico, conviene proponer una metodología ágil para el diseño de procesos colaborativos.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto UsabiliTV: “*Framework para la evaluación de la usabilidad de aplicaciones en entornos de Televisión Digital Interactiva*”, financiado por COLCIENCIAS. Además, ha sido financiado por el Programa Nacional para Estudios de Doctorado en Colombia Año 2011, de COLCIENCIAS.

8. REFERENCIAS

- [1] C. A. Ellis, S. J. Gibbs, G. Rein, "Groupware: some issues and experiences," *Communications of the ACM*, vol. 34, pp. 39-58, 1991.
- [2] T. Granollers, "MPIu+a una metodología que integra la ingeniería del software, la interacción persona-ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares," Tesis Doctoral, Departamento de Sistemas Informáticos, Universidad de Lleida, Lleida, 2007.
- [3] G. Kolfshoten, G.-J. D. Vreede, "The Collaboration Engineering Approach for Designing Collaboration Processes," in *International Conference on Groupware: Design, Implementation and Use*, 2007, pp. 38-54.
- [4] K. Schmidt, L. Bannon, "Taking CSCW seriously," *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, vol. 1, pp. 7-40, 1992.
- [5] S. Greenberg, *Computer-supported cooperative work and groupware*: Academic Press Ltd., 1991.
- [6] G. L. Kolfshoten, R. O. Briggs, J. H. Appelman, G. J. de Vreede, "ThinkLets as building blocks for collaboration processes: a further conceptualization," *Groupware: Design, Implementation and Use*, pp. 137-152, 2004.
- [7] S. Chatterjee, M. Fuller, S. Sarker, "An ethical design theory for Thinklet-based collaboration," in *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) Workshop on Collaboration Engineering*, 2007, pp. 33-44.
- [8] A. Solano, Y. Méndez, C. Collazos, "Thinklet: elemento clave en la generación de métodos colaborativos para evaluar usabilidad de software," *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. vol. 20, p. 6, 2010.
- [9] J. E. Jiménez, Y. A. Méndez, "Adecuación del Modelo de Proceso de Ingeniería de la Usabilidad y Accesibilidad (MPIu+a) a través de Estrategias de Trabajo Colaborativo para el Desarrollo de Entornos Web," Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca, Popayán, 2007.
- [10] A. Solano, C. Parra, "Métodos de Indagación Colaborativos para la Evaluación de Usabilidad de Software," Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca, Popayán, 2009.
- [11] Y. Méndez, "Modelo de Proceso para el Diseño de Técnicas Colaborativas de Evaluación de Usabilidad de Software," Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca, Popayán, 2011.
- [12] A. Solano, "Propuesta metodológica para la evaluación colaborativa de la usabilidad de aplicaciones de Televisión Digital Interactiva," Tesis de Maestría, Instituto de Posgrados en Ingeniería Electrónica, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, 2012.

Monitorización y Sincronización de Recursos Compartidos en Aplicaciones Móviles Colaborativas Soportadas por MANETs

Gabriel Guerrero-Contreras, Kawtar Benghazi, José Luis Garrido,
Carlos Rodríguez-Domínguez, Manuel Noguera

Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Granada
Avenida del Hospicio S/N
18071 Granada, España

zahara@correo.ugr.es, {benghazi, jgarrido, carlosrodriguez, mnoguera}@ugr.es

ABSTRACT

Los sistemas colaborativos permiten que varias personas, cada una utilizando su propio dispositivo, trabajen en una tarea común compartiendo recursos. Esto conlleva habitualmente, mantener la consistencia entre las distintas réplicas de estos recursos. Además, gracias al gran avance en tecnologías móviles, actualmente existe un creciente interés para disponer y utilizar este tipo de aplicaciones en redes móviles. En este tipo de redes son frecuentes los problemas de desconexión y particiones en la red, lo cual dificulta la tarea de mantener la consistencia de los distintos recursos compartidos. En este trabajo se presenta una plataforma de servicios basada en el enfoque de arquitectura orientada a servicios. En dicha plataforma se ha desarrollado un servicio para gestionar la sincronización de las diversas réplicas existentes de los recursos compartidos en un entorno móvil, con el objetivo de facilitar el desarrollo de software colaborativo para este tipo de entornos.

Categories and Subject Descriptors

C.2.1 [Computer-Communication Networks]: Network Architecture and Design; D.2.13 [Software Engineering]: Reusable Software

General Terms

Design

Keywords

Sistemas Colaborativos, Sistemas Móviles, Arquitectura Orientada a Servicios, MANET

1. INTRODUCCIÓN

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.
Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

Gracias al desarrollo de las tecnologías de la comunicación e información (TICs), el concepto de *trabajo cooperativo* ha adquirido un nuevo significado y han surgido los términos de “*Computer-Supported Cooperative Work*” (CSCW) [1] y “*Groupware*” [2]. Mientras el concepto *CSCW* se refiere al campo que analiza la forma en la que las personas trabajan en grupos mediante el uso de las TICs, los sistemas *Groupware* se pueden definir como “*sistemas de computación que dan soporte a grupos de personas que participan en una tarea común (u objetivo) y que proporcionan una interfaz a un entorno compartido.*” [2]. Por tanto, una de las funciones principales del software colaborativo, es proveer de herramientas a sus usuarios para que puedan llevar a cabo las actividades de cooperación, coordinación y comunicación, necesarias para realizar el trabajo en común satisfactoriamente. Habitualmente, esto implica resolver la gestión de recursos compartidos (documentos y otra información) de forma consistente. Además, hoy en día existe un creciente interés para utilizar este tipo de software en redes móviles, caracterizadas por [3]: *condicionamiento desigual*, la tecnología disponible no es siempre la misma, depende del entorno; y *escalabilidad localizada*, un sistema bien diseñado, debe reducir de forma rigurosa la comunicación entre entidades distantes con el objetivo de no saturar la red de comunicación. Estas características están directamente relacionadas con las propiedades de continuidad y rendimiento en la conexión a redes (locales e Internet) y otros dispositivos, algo habitual cuando se utilizan redes “*Mobile ad-hoc Networks*” (MANETs) [4]. Una de las principales características de las redes MANETs consiste en que su infraestructura se configura de manera automática al detectarse dispositivos a su alrededor. Estas características complican la gestión de los recursos compartidos existentes en un entorno colaborativo.

Como solución al problema expuesto, actualmente existen distintas soluciones basadas en el enfoque *peer-to-peer* (p2p) [5, 6, 7], pero que resultan insuficientes para entornos colaborativos, donde los recursos compartidos son accedidos y modificados por varios usuarios de forma concurrente. En respuesta a este requisito, en este trabajo se presenta una plataforma de servicios basada en el enfoque de arquitectura orientada a servicios (“*Service Oriented Architecture*”, SOA) [8] en el cual se ha desarrollado un servicio para gestionar la sincronización de las diversas réplicas existentes de los recursos compartidos de una aplicación colaborativa en un

entorno móvil.

El resto del documento se organiza como sigue. La sección 2, identifica distintos trabajos para la gestión de recursos compartidos en redes móviles. En la sección 3, se describen los servicios propuestos para el soporte al desarrollo de aplicaciones móviles colaborativas. En la sección 4, se expone un caso de estudio para la edición de documentos compartidos. En la sección 5, se presenta una breve discusión acerca de la propuesta. Por último se recogen las principales conclusiones alcanzadas durante el desarrollo del trabajo.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Las redes MANETs son útiles en ámbitos como el automovilístico (*"Vehicular Ad-Hoc Network"*) y en la gestión de desastres, donde la red de comunicaciones se ve afectada y no está disponible. Sin embargo, este tipo de redes presenta una serie de problemas, con respecto a la gestión de datos, que hay que resolver, tales como: localización de las fuentes de datos dentro de la red, protocolos de replicación y seguridad. En respuesta a esto, durante los últimos años han surgido una serie de propuestas enfocadas a tratar la gestión de datos en redes MANETs de forma eficiente y consistente, tales como DRIVE [5], MoGATU [6] y CHaMeLeoN [7]. Estos trabajos, tratan la compartición de datos a través del enfoque p2p. Pero, este enfoque no cubre completamente las necesidades de las aplicaciones colaborativas, donde varios usuarios pueden estar modificando el mismo recurso de forma concurrente, lo que hace que se necesiten otros enfoques.

En [9] se utiliza un enfoque SOA para afrontar la consistencia de datos en sistemas heterogéneos. El contexto en el que se presenta la solución, consta de diferentes aplicaciones donde cada una tiene un modelo local propio de la misma información. Lo que se pretende, es que cuando se haga una modificación en el modelo local de datos de una de las aplicaciones, esta modificación se propague al resto de modelos. La arquitectura propuesta se basa en un servicio de sincronización y un servicio de directorio. El servicio de directorio, mapea los distintos identificadores de los objetos de un modelo a otro y el servicio de sincronización, resuelve las posibles inconsistencias que puedan surgir entre las distintas modificaciones de la información. Esta solución presenta dos limitaciones: primero, no plantea la posibilidad de una desconexión por parte de alguna de las aplicaciones, ni permite las operaciones sin conexión por lo que no es válida para un entorno móvil o ubicuo; y segundo, es una solución ad-hoc, por lo que resulta difícil adaptarla a otros dominios del problema.

Respecto a los sistemas colaborativos en entornos móviles, estos ofrecen beneficios tales como: adaptabilidad al usuario, facilidad de uso, interoperabilidad, recolección de información personalizada y movilidad. Gracias a estas características, los sistemas colaborativos móviles tienen una gran aceptación en campos tales como la salud o la educación. En parte, el éxito en estos campos se debe a que en estos entornos, tales como hospitales y colegios, se puede desplegar una infraestructura fija de soporte al sistema lo que facilita el desarrollo de sistemas colaborativos.

3. SERVICIOS PARA LA SINCRONIZACIÓN DE RECURSOS COMPARTIDOS

En esta sección se presenta una propuesta basada en SOA para facilitar la gestión consistente de las diversas réplicas

de un recurso compartido en una red MANET. Los servicios que se presentan se han diseñado con el objetivo de que pueden adaptarse a cualquier tipo de recurso compartido. En la Figura 1, se muestra un esquema de la plataforma. El principal componente es el *Servicio de Sincronización*, este servicio se encarga de mantener la consistencia de los recursos compartidos. Este servicio se basa en el servicio de monitorización, más básico. Este servicio se encarga de almacenar los cambios que se producen sobre los recursos compartidos en el sistema. Ambos servicios pueden estar replicados, para así mejorar su disponibilidad.

Además, con el objetivo de proveer una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles colaborativas completa, estos servicios se han desplegado sobre un middleware para entornos ubicuos. Se ha utilizado el middleware Bluerose [10, 11]. Este middleware se basa en una arquitectura dirigida por eventos, lo cual resulta muy interesante para trabajar en entornos móviles debido a que reduce el acoplamiento en la comunicación de un entorno heterogéneo.

3.1 Servicio de Monitorización

El servicio de monitorización es un servicio básico, su función es almacenar los eventos que se generan a causa de modificaciones en los recursos compartidos. Esta información se puede utilizar con distintos objetivos, como por ejemplo llevar un control de versiones de un documento. En el caso del servicio de sincronización, esta información resulta fundamental para poder ejecutar los algoritmos de sincronización, ya que se necesita saber lo que ha ocurrido en el sistema mientras el dispositivo estaba desconectado. El servicio de monitorización se ha diseñado de forma que es capaz de monitorizar cualquier acción que pueda ocurrir en el sistema sin que sea necesario modificarlo. Esto es posible gracias a que las acciones en el sistema se representan como eventos y el servicio de monitorización es capaz de almacenar cualquier evento, sin conocer a priori su estructura.

3.2 Servicio de Sincronización

El servicio de sincronización es el principal componente del modelo. Este servicio se basa en el servicio de monitorización. De esta forma, se pueden afrontar los problemas de las redes móviles (desconexiones y particiones de la red) y además permitir que los dispositivos desconectados puedan seguir trabajando. Para poder realizar operaciones sin conexión, la aplicación cliente, como se muestra en la Figura 1, tiene que ir almacenando en caché la información con la que está trabajando el usuario, para que cuando se produzca una desconexión el usuario pueda continuar trabajando. Por otra parte, también tiene que almacenar de forma local los eventos que genera mientras no dispone de conexión, para que al recuperar ésta pueda enviar la información al servicio de sincronización.

El servicio de sincronización no puede ser independiente del dominio del problema, ya que los algoritmos de sincronización son muy dependientes del tipo de recurso compartido. Por ello, se ha diseñado el servicio de forma genérica, permitiendo que pueda extenderse, mediante herencia, con los algoritmos de sincronización concretos de un recurso en particular.

4. CASO DE ESTUDIO: EDICIÓN COLABORATIVA DE DOCUMENTOS

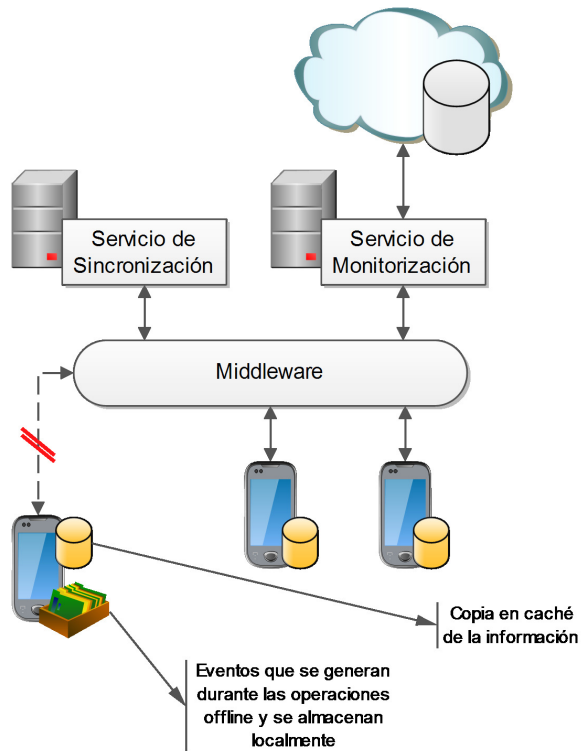


Figure 1: Un dispositivo trabajando sin conexión dentro del sistema.

Para probar y mostrar la validez de la plataforma que se ha presentado en este trabajo, se ha especializado el servicio de sincronización para el caso en el que los recursos compartidos son documentos de texto, es decir, se ha especializado el servicio de sincronización en un servicio de repositorio de documentos. El sistema exhibe el comportamiento que se describe a continuación (véase Figura 2).

El servicio de repositorio mantiene el conjunto completo de los documentos que existen en el sistema y se encarga de integrar en ellos, de forma consistente, los distintos cambios que realizan los usuarios. El servicio de monitorización, mientras tanto, almacena toda la información acerca de las modificaciones que se realizan en los documentos. La aplicación cliente se encarga de mantener en caché una copia reciente de los documentos con los que el usuario está trabajando. Cuando se produce la desconexión de un dispositivo (*Usuario 1* en la Figura 2), la aplicación cliente comienza a trabajar con la copia en caché de los documentos y a almacenar localmente los eventos que el usuario genera mediante las modificaciones en estos documentos (Figura 2, punto 1) para posteriormente volver a sincronizarse con el resto del sistema cuando se recupere la conexión (sección 3.2). Al recuperar la conexión, la aplicación solicita al servicio de repositorio sincronizarse con el resto del sistema (Figura 2, punto 2). Para ello le proporciona el periodo de tiempo en el cual ha estado desconectada y los eventos que el usuario ha generado durante la desconexión, es decir, le informa sobre los cambios que el usuario ha realizado en los recursos compartidos durante ese periodo de tiempo. Cuando el servicio de repositorio recibe esta petición, solicita al servicio de monitorización las modificaciones sobre los documentos que se

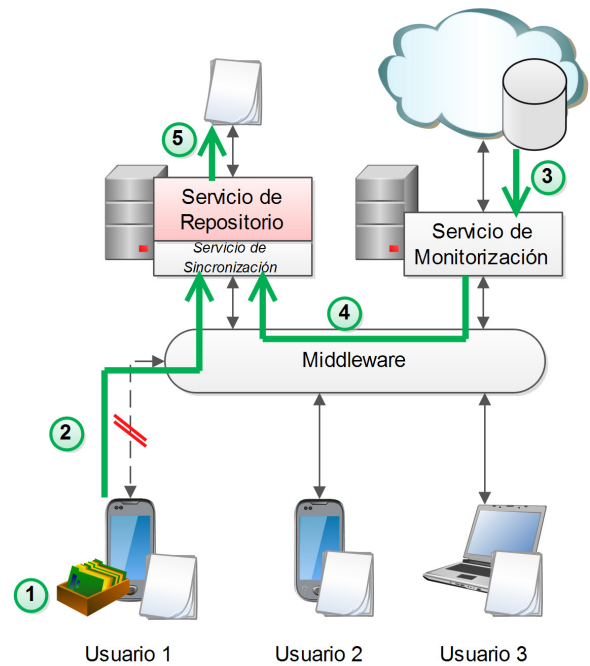


Figure 2: Comportamiento del servicio de repositorio cuando se produce una re-conexión.

han realizado en el sistema durante el periodo de desconexión del dispositivo. El servicio de monitorización consulta esta información (Figura 2, punto 3) y la envía al servicio de repositorio (Figura 4, punto 4). Una vez tiene por una parte el conjunto de eventos que ha generado el usuario desconectado y por otra el conjunto de eventos que se ha generado en el sistema, el servicio de repositorio contrasta esos dos conjuntos de acciones en busca de inconsistencias y aplica los cambios en los documentos (Figura 2, punto 5), pudiéndose dar los tres casos siguientes:

- *El documento que ha modificado el usuario desconectado no ha sido modificado por otro usuario en el sistema.* En este caso, el servicio de repositorio aplica los cambios directamente en el documento.
- *El documento que ha modificado el usuario desconectado ha sido modificado por otro u otros usuarios pero no son modificaciones conflictivas.* En este caso el servicio de repositorio integra automáticamente los cambios de los distintos usuarios en el mismo documento. En nuestro caso, hemos considerado que una modificación conflictiva se da cuando dos o más usuarios han modificado la misma posición (*byte*) del fichero. También caben otras opciones, como considerar modificaciones conflictivas a nivel de palabra o frase.
- *El documento que ha modificado el usuario desconectado ha sido modificado por otro u otros usuarios y son modificaciones conflictivas.* En este caso el servicio de repositorio crea una versión paralela del documento con los cambios del usuario que estaba desconectado, por lo tanto, se mantienen dos o más versiones del documento, dejando que sean los propios usuarios los que resuelvan el conflicto.

Respecto al servicio de repositorio diseñado hay que destacar que los algoritmos de sincronización implementados son independientes de la aplicación, por lo que este servicio puede ser reutilizado por cualquier aplicación colaborativa que maneje documentos de texto.

5. DISCUSIÓN

Con el objetivo de avanzar en una mayor aceptación en cuanto al uso de aplicaciones colaborativas en un entorno de computación móvil, la propuesta que se ha presentado, la cual resulta de la combinación de un conjunto de técnicas de computación distribuida y arquitecturas orientadas a servicios, persigue abordar los siguientes beneficios: interoperabilidad, adaptabilidad, reusabilidad, escalabilidad, bajo acoplamiento con la plataforma y facilitar las operaciones sin conexión. Por otra parte, pueden darse ciertos problemas como saturación en la red de comunicaciones para el caso de la edición colaborativa de documentos (sección 4) dado que se genera un evento por cada nuevo carácter que se introduce o se elimina en un documento. Como solución a esto, se puede estudiar trabajar a nivel de palabra, con lo que se reduciría el número de eventos generados. Además, utilizar un enfoque SOA conlleva una serie de problemáticas que hay que resolver. Entre otras cuestiones, hay que tener en cuenta que una vez que el servicio esté integrado y en funcionamiento, antes de realizar cualquier cambio, debe realizarse un estudio acerca del impacto que puede producir el cambio en el sistema, lo cual puede limitar la evolución del mismo; además, conforme el sistema crece, puede resultar complicado cumplir con todos los estándares en los que se basa SOA.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha presentado una plataforma de servicios para el soporte al desarrollo de aplicaciones móviles colaborativas. Esta plataforma se basa en un servicio principal de sincronización y otro de monitorización más básico. Estos servicios se han desarrollado de forma general para que puedan ser aplicados a cualquier dominio, a diferencia de las soluciones ad-hoc. Para ofrecer una plataforma de desarrollo completa, los servicios se han desplegado sobre un middleware para entornos ubicuos y redes MANET. La plataforma expuesta, está orientada especialmente a soportar las operaciones sin conexión. Por otra parte, para conseguir escalabilidad localizada y solucionar problemas propios de los entornos ubicuos, se han utilizado protocolos de replicación en los servicios, mejorando además la disponibilidad de estos. Por último, el uso de la plataforma propuesta proporciona beneficios tales como reutilización, escalabilidad, disponibilidad, interoperabilidad, bajo acoplamiento con la plataforma y además facilita las operaciones sin conexión.

Respecto a las líneas de trabajo futuro, se plantea realizar un estudio más profundo de los requisitos generales de sincronización que pueden tener distintos tipos de recursos compartidos y ofrecer estos algoritmos en el servicio de sincronización. También, se plantea aplicar esta plataforma de servicios en ámbitos como la gestión de información del contexto y herramientas para realizar anotaciones semánticas en la web. Además se pretende integrar los servicios presentados en este trabajo en una plataforma mayor junto a otros servicios, como el servicio de localización que se presenta en el siguiente trabajo [12].

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España bajo el Proyecto de Investigación con Referencia TIN2012-38600 y por la beca de Iniciación a la Investigación del plan propio de la Universidad de Granada.

8. REFERENCES

- [1] I. Greif, "Computer-supported cooperative work: a book of readings," 1988.
- [2] C. A. Ellis, S. J. Gibbs, and G. Rein, "Groupware: some issues and experiences," *Communications of the ACM*, vol. 34, no. 1, pp. 39–58, 1991.
- [3] M. Satyanarayanan, "Pervasive computing: Vision and challenges," *Personal Communications, IEEE*, vol. 8, no. 4, pp. 10–17, 2001.
- [4] M. Bansal, R. Rajput, and G. Gupta, "Mobile ad hoc networking (manet): Routing protocol performance issues and evaluation considerations," 1999.
- [5] B. Xu and O. Wolfson, "Data management in mobile peer-to-peer networks," in *Databases, Information Systems, and Peer-to-Peer Computing*, pp. 1–15, Springer, 2005.
- [6] F. Perich, A. Joshi, and R. Chirkova, "Data management for mobile ad-hoc networks," in *Enabling Technologies for Wireless E-Business*, pp. 132–176, Springer, 2006.
- [7] S. Ghandeharizadeh, A. Helmy, B. Krishnamachari, F. Bar, and T. Richmond, "Data management techniques for continuous media in ad-hoc networks of wireless devices," in *Encyclopedia of Multimedia*, 2006.
- [8] C. M. MacKenzie, K. Laskey, F. McCabe, P. F. Brown, R. Metz, and B. A. Hamilton, "Reference model for service oriented architecture 1.0," *OASIS Standard*, vol. 12, 2006.
- [9] E. Svensson, C. Vetter, and T. Werner, "Data consistency in a heterogeneous it landscape: a service oriented architecture approach," in *Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2004. EDOC 2004. Proceedings. Eighth IEEE International*, pp. 3–8, IEEE, 2004.
- [10] C. Rodríguez-Domínguez, K. Benghazi, J. L. Garrido, and A. Valenzuela, "A platform supporting the development of applications in ubiquitous systems: the collaborative application example of mobile forensics," in *Proceedings of the 13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador*, p. 41, ACM, 2012.
- [11] C. Rodríguez-Domínguez, K. Benghazi, M. Noguera, J. L. Garrido, M. L. Rodríguez, and T. Ruiz-López, "A communication model to integrate the request-response and the publish-subscribe paradigms into ubiquitous systems," *Sensors*, vol. 12, no. 6, pp. 7648–7668, 2012.
- [12] T. Ruiz-López, C. Rodríguez-Domínguez, M. Noguera, and J. L. Garrido, "Towards a reusable design of a positioning system for aal environments," in *Evaluating AAL Systems Through Competitive Benchmarking. Indoor Localization and Tracking*, pp. 65–79, Springer, 2012.

CopyFlyPaste: Copy&Paste Distribuido

Pedro G. Villanueva, Ricardo Tesoriero, José A. Gallud

Computer System Department. University of Castilla-La Mancha
Campus Universitario de Albacete
(02071) Albacete, Spain

[pedro.gonzalez, ricardo.tesoriero, jose.gallud]@uclm.es

RESUMEN

Los sistemas colaborativos, los entornos de computación ubicuos y los trabajos en grupo, están fortaleciendo algunas técnicas que ayudan a los usuarios a trabajar con información en este tipo de entornos. Actualmente existen numerosas formas de transferir información entre dispositivos, pero no llegan a ser totalmente transparentes para el usuario final. En este trabajo se presenta una nueva técnica de manipulación directa sobre multi-computadores a la que los autores han acuñado con el nombre de *CopyFlyPaste*. Esta técnica puede ser utilizada para transferir datos entre diferentes dispositivos o sobre el mismo. La propuesta *CopyFlyPaste* permite a los usuarios copiar cualquier tipo de recurso sobre un dispositivo y pegarlo directamente en un dispositivo diferente todo ello de forma transparente para el usuario. La técnica presentada en este trabajo es comparada con las técnicas o sistemas actuales. Además, se presenta un prototipo llamado *AirClipboard* que implementa esta técnica, y que es evaluado con usuarios reales para demostrar la eficiencia y satisfacción de su uso con usuarios potenciales.

Categorías y Descriptores

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – Input Devices and Strategies.

Términos Generales

Performance. Design. Experimentation. Human Factors.

Keywords

CopyPaste, CopyFlyPaste, AirClipboard, Evaluation.

1. INTRODUCCIÓN

En un entorno de computación ubicuo, no se utiliza un solo ordenador para realizar las tareas, sino que muchas de nuestras actividades diarias están apoyadas por la combinación de varios ordenadores.

Un problema que podemos observar, es el hecho de que en numerosas ocasiones es bastante engorroso la transferencia de información de un ordenador a otro, incluso estando en la misma mesa y conectados a la misma red. Copiar un archivo de un disco y pegarlo en otro disco dentro del mismo ordenador puede resultar muy fácil, pero copiar uno o varios ficheros del disco de un ordenador a otro puede resultar toda una hazaña y esto se incrementa si el usuario es un usuario inexperto. Y no solo eso, en algunas ocasiones el solo hecho de tener que pasar un párrafo de texto o una simple URL que tenemos en un ordenador, a otro

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

ordenador diferente puede complicarnos la tarea o resultar imposible para algunos usuarios no expertos.

Actualmente, para transferir ficheros u otro tipo de información entre diversos ordenadores, tenemos diversas formas de hacerlo. Si se trata de un texto corto como puede ser una dirección de correo electrónico o una dirección de internet (URL), la opción más utilizada es escribir directamente el texto (un texto es leído en una pantalla y escrito en otro ordenador),

Si se trata de uno o varios ficheros o textos extensos, existen otras opciones. Mediante compartición de ficheros haciendo uso de algún sistema de ficheros distribuido, a través de algún servidor de ftp, mediante correo electrónico (que conlleva una limitación en la capacidad de los datos), mediante unidades de almacenamiento extraíble, a través de aplicaciones de sincronización de carpetas como puede ser *SkyDrive* (<http://skydrive.live.com>), *ZumoDrive* (<http://www.zumodrive.com>), etc., o mediante otro tipo de aplicaciones de mensajería instantánea como *Gtalk* (<http://www.google.es/talk>), *Skype* (<http://www.skype.com>), *Messenger* (<https://messenger.live.com>), etc.

Para agilizar y facilitar la transferencia de información entre diferentes dispositivos y permitir trabajar con información de forma transparente para el usuario, en este trabajo presentamos una nueva técnica que hemos acuñado con el nombre de *CopyFlyPaste*. Esta técnica consiste en realizar un copiar y pegar similar al tradicional pero de forma distribuida, de modo que el usuario tiene la sensación de estar trabajando en el mismo ordenador. Esta técnica no necesita hacer uso de ningún dispositivo extra y permite copiar y pegar información entre cualquier dispositivo conectado a Internet. Además independiza la acción de copiar de la acción de pegar, es decir, un usuario puede realizar la acción de copiar y otro usuario diferente puede pegar la información que el primer usuario ha copiado.

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera. En la siguiente sección se describe la técnica *CopyFlyPaste* en profundidad y se analizan los posibles escenarios que se pueden dar desde el punto de vista del usuario. Posteriormente, en la sección 3 se presenta un prototipo de la herramienta *AirClipboard* que implementa la técnica *CopyFlyPaste* y en la sección 4 se realiza una evaluación cuantitativa de la usabilidad con usuarios reales. Finalmente, en la sección 5 se recogen una serie de conclusiones.

2. LA TÉCNICA DE INTERACCIÓN COPYFLYPASTE

En esta sección presentamos nuestra propuesta que soluciona los problemas comentados en la sección anterior, permitiendo que los usuarios puedan copiar un recurso y pegarlo directamente en un dispositivo diferente del mismo modo que lo haría sobre el mismo dispositivo.

2.1 Descripción

CopyFlyPaste es una extrapolación de la técnica tradicional de copiar y pegar (*Copy&Paste*) o lo que es conocido comúnmente como copiar recursos entre carpetas o aplicaciones dentro de un mismo ordenador. Con la técnica tradicional de copiar y pegar, un usuario primero selecciona un recurso o conjunto de recursos, copia, se sitúa en la carpeta o aplicación destino dentro del mismo ordenador y pega los recursos.

La limitación de esta técnica de copiar y pegar tradicional es que las acciones deben realizarse sobre el mismo ordenador, impidiendo que un usuario copie un conjunto de recursos en su ordenador y un compañero realice un pegado de esos recursos directamente en un ordenador diferente.

Con *CopyFlyPaste*, el usuario selecciona el recurso o el conjunto de recursos que desea copiar, mediante la combinación de teclas Ctrl + C o mediante la opción de Copiar del menú contextual, y realiza un copiado al vuelo (primera acción de la técnica de *CopyFlyPaste*). Una vez realizada esta acción, los recursos quedan copiados y al alcance del resto de usuario que se encuentran en el mismo grupo de trabajo. Finalmente, desde cualquier ordenador perteneciente al grupo, mediante la combinación de teclas Ctrl + V o mediante la opción de Pegar del menú contextual, se puede realizar un pegado al vuelo de los recursos copiados (segunda acción de la técnica de *CopyFlyPaste*). Ver Figura 1.

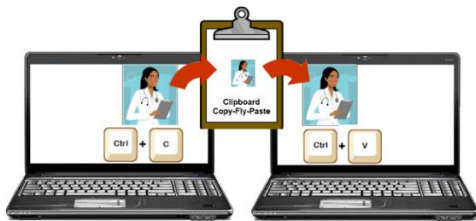


Figura 1: Funcionamiento de CopyFlyPaste

Por lo tanto, esta técnica ofrece las siguientes ventajas: (a) realizar un *Copy&Paste* distribuido de forma transparente para el usuario, (b) sin necesidad de hacer uso de ningún dispositivo extra, (c) entre ordenadores ubicados en cualquier lugar conectados a Internet y (d) la acción de copiar independiente de la acción de pegar (un usuario puede realizar la acción de copiar y otro usuario puede realizar la acción de pegar).

2.2 Escenarios de aplicación

Existen diferentes escenarios a tener en cuenta cuando varios usuarios trabajan con esta técnica y se hace necesario trabajar con diferentes grupos. A continuación se describe cada uno de ellos.

2.2.1 Un usuario, misma máquina

El escenario básico y más utilizado es aquel en el que un solo usuario trabaja con un solo ordenador y necesita copiar y pegar recursos dentro de ese ordenador. En este caso la técnica debe comportarse como el *Copy&Paste* tradicional, manteniendo los recursos de forma privada sin ser accesibles por el resto de usuarios.

2.2.2 Un usuario, distintas máquinas

Este tipo de escenario tiene lugar cuando un usuario necesita pasar información entre varios dispositivos con los que trabaja. Un ejemplo de este escenario puede ser cuando un usuario tiene dos ordenadores y necesita copiar un documento desde una carpeta de un ordenador a otra carpeta de otro ordenador. Para este caso, la técnica de *CopyFlyPaste* debe permitir que el usuario copie la información de un ordenador y la pegue en el otro, pero

manteniendo esa información de forma privada, de modo que no sea accesible por el resto de usuarios.

2.2.3 Varios usuarios, un grupo

Este escenario es muy común en aquellas situaciones en las que un grupo de personas realizan tareas en colaboración o trabajan en equipo. Un ejemplo de este escenario puede ser un grupo de cuatro personas que trabajan en un departamento de una empresa y están trabajando en el mismo proyecto. Cada uno de ellos está encargado de recopilar cierta información que uno de ellos fusiona en un mismo documento, cada uno de ellos copia la información que va obteniendo y la persona encargada de fusionar la información va pegando en el documento.

Para este tipo de escenarios, nuestra propuesta debe permitir que cada persona pueda unirse a un grupo común donde todos trabajarán y la información copiada sea accesible por todos. Además debe permitir a cada persona que pueda copiar y pegar información de forma privada y que no sea accesible por el resto de sus compañeros.

2.2.4 Varios usuarios, distintos grupos, un grupo por usuario

Un escenario que podemos considerar más complejo que los anteriores, se da cuando existen varios usuarios que trabajan con la técnica *CopyFlyPaste*, existen diferentes grupos de trabajo y un usuario concreto puede elegir unirse a un grupo específico y solo uno en un momento dado. Un ejemplo de este escenario podría ser el siguiente; imaginemos que en el departamento comentado en el ejemplo anterior existen diferentes grupos de trabajo y un usuario trabaja en varios de esos grupos. El usuario en un momento dado se une a un grupo sobre el que está trabajando en ese momento, copia y pega información con el resto de usuarios de ese grupo. En un momento dado cambia de tarea y comienza a trabajar en una tarea de otro grupo de trabajo, se sale del grupo anterior y se incorpora al nuevo grupo, de este modo toda la información que copie y pegue será referente al nuevo grupo al que se ha incorporado.

Para este tipo de escenarios la técnica propuesta funcionaría igual que en el caso anterior pero además debe permitir a un usuario cambiar de grupo de trabajo en el momento que lo necesite.

2.2.5 Varios usuarios, distintos grupos, varios grupos por usuario

El último tipo de escenario y el más complejo sería igual que el anterior pero con el pequeño matiz de que un usuario puede estar al mismo tiempo en varios grupos de trabajo. En este caso la técnica debe permitir al usuario estar a la vez en diferentes grupos de trabajo, pero tener en un momento dado un grupo marcado por defecto, sobre el cual está copiando o desde el cual estará pegando. Para copiar información a un grupo específico o pegar información desde un grupo específico el usuario deberá simplemente cambiar el grupo por defecto.

3. EL PROTOTIPO AIRCLIPBOARD

Para ilustrar la técnica y poder evaluarla se ha realizado un caso de estudio donde se ha desarrollado una herramienta llamada *AirClipboard* que implementa *CopyFlyPaste*.

La herramienta consta de dos partes, por un lado, un cliente de escritorio sobre el cual trabaja el usuario y permite realizar el copiado y pegado de información, y por otro lado, un servicio que gestiona los grupos y la información que se intercambia entre dispositivos.

En este trabajo nos centraremos en el cliente de escritorio ya que es la parte que más nos interesa. El sistema cliente se ejecuta en cada uno de los ordenadores de los usuarios que desean utilizar la técnica propuesta. Su objetivo principal es informar de las acciones de copiar y pegar que se realizan en los ordenadores clientes y transferir los recursos necesarios.

El uso de la herramienta es muy sencillo, una vez que el usuario ha entrado un nuevo grupo de trabajo o se ha unido a uno ya existente la aplicación queda visible en una pequeña zona de la pantalla en la parte inferior derecha como se muestra en la Figura 2.

Hay dos modos posibles, el modo *CopyPaste* y el modo *CopyFlyPaste*. Si el usuario está en el modo *CopyPaste*, trabajará con el *CopyPaste* tradicional, es decir, lo que copie y pegue será privado y el resto de usuarios del grupo en el que está no tendrán acceso a esa información. En cambio si el modo es cambiado a *CopyFlyPaste*, los recursos copiados serán accesibles por el resto de usuarios y cuando realice un pegado, pegará lo último que se haya copiado por los usuarios del grupo.

El usuario podrá cambiar de modo simplemente accediendo al menú contextual del icono que aparece en la barra de tareas como se puede mostrar en la Figura 2.

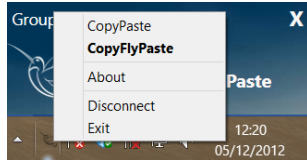


Figura 2: Menú contextual de AirClipboard. Permite cambiar el modo

Cuando el usuario está en modo *CopyFlyPaste* y cualquier usuario, incluso el mismo, realiza una acción de copiar un recurso, ese recurso es accesible por cualquier usuario del grupo y para utilizarlo simplemente tendrá que realizar la acción de pegar. Además, cuando un usuario realiza la acción de copiar, una notificación aparece en la parte inferior indicando que se ha copiado un recurso, la persona que lo ha realizado y parte del contenido que ha sido copiado. Un ejemplo se muestra en la Figura 3.



Figura 3: Notificaciones con la actividad de AirClipboard. Usuario David, ha copiado texto

Respecto a los tipos de escenarios comentados en la sección anterior, AirClipboard cubre hasta el tipo de escenario descrito en la sección 2.2.4. Para realizar la evaluación los autores han visto suficiente cubrir hasta este tipo de escenario.

4. EVALUACIÓN CUANTITATIVA

Para validar la nueva técnica de manipulación directa propuesta en este trabajo, se ha realizado una evaluación cuantitativa con usuarios reales de la implementación AirClipboard comparándola con una selección de sistemas previos.

En este apartado se presenta una evaluación preliminar para la usabilidad del sistema AirClipboard, basado en los 9 pasos que propone Sauro [2].

Determinar lo que se desea evaluar

Se desea evaluar el concepto *CopyFlyPaste* a través del prototipo *AirClipboard*. El conjunto de funciones de *AirClipboard* que deseamos evaluar son las siguientes: (a) copiar y pegar recursos entre dos dispositivos por un usuario, (b) copiar y pegar recursos entre dispositivos por varios usuarios.

Para realizar la evaluación nos centraremos en la eficiencia y satisfacción.

Objetivo de la evaluación

Se desea confirmar la siguiente hipótesis de partida: “*CopyFlyPaste* es más eficiente en la tarea de copiar y pegar texto entre los dispositivos de un usuario, y también entre dispositivos de varios usuarios, que los sistemas actualmente disponibles por los usuarios”.

Definición de las tareas

A todos los usuarios se les pidió que realizaran dos tareas en las mismas condiciones. Estas tareas son las siguientes:

Tarea 1. (T₁) El usuario debe buscar una imagen de un coche rojo a través de Internet, en el ordenador 1, y visualizar la imagen encontrada en el ordenador 2.

Tarea 2. (T₂) En esta tarea el usuario trabaja con otro usuario (uno de los autores). El usuario debe buscar en su ordenador una imagen de un coche azul a través de Internet, y permitir que el autor la muestre en un segundo ordenador. Posteriormente el autor debe buscar, en ese segundo ordenador, una imagen de un coche rojo y permitir al usuario que la muestre en su ordenador.

Selección de los usuarios

Para la realización de las pruebas se ha elegido a un grupo compuesto por 10 usuarios con edades comprendidas entre los 22 y los 40 años.

Además, se han escogido a usuarios que nunca antes habían utilizado AirClipboard y con un conocimiento tecnológico avanzado en la técnica que cada usuario ha escogido para la prueba.

Evaluar a los usuarios

Antes de realizar las pruebas, a cada usuario se le mostraban las tareas a realizar y el usuario elegía el sistema con el que deseaba realizar las mismas. Previo a cada prueba, el laboratorio se configuraba con el sistema elegido por el usuario y el sistema *AirClipboard*. Cada usuario realizaba las dos tareas con el sistema elegido y posteriormente, las dos mismas tareas con el sistema *AirClipboard*. Terminada cada sesión de pruebas se le pedía a los usuarios que rellenaran un cuestionario de satisfacción llamado SUS (*System Usability Scale*) [1], en relación al sistema *AirClipboard*.

Selección de métricas

La evaluación de la eficiencia está basada en la medición del tiempo de compleción de la tarea. La evaluación de la satisfacción está basada en el análisis del cuestionario SUS.

Recogida y análisis de datos

La Tabla 1 recoge los tiempos que han tardado todos los usuarios en realizar todas las tareas.

Además, cabe destacar que respecto a la compleción de las tareas, todos los usuarios completaron todas las tareas con ambos sistemas.

Tabla 1: Tiempos de compleción de las tareas (segs)

ID	Sistema elegido	Sistema elegido		AirClipboard	
		T ₁	T ₂	T ₁	T ₂
1	Gmail	70	86	38	37
2	Pen Drive	83	129	16	40
3	Gmail	36	74	24	37
4	Gmail	37	80	16	32
5	Gmail	51	95	14	35
6	Carp. Comp.	13	37	11	23
7	Gmail	83	92	33	52
8	Gmail	33	61	12	32
9	Gmail	55	76	19	41
10	Gmail	35	72	14	30
	Media	49,6	80,2	19,7	35,9

Intervalos de confianza

Los intervalos de confianza entorno al tiempo medio para cada tarea son mostrados en la Tabla 2.

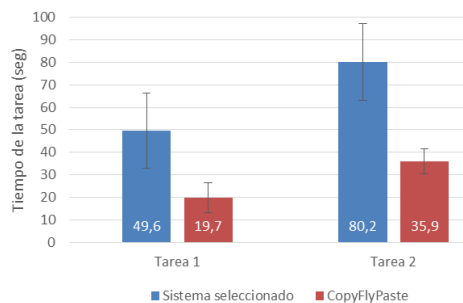
Tabla 2: Tiempo medio, margen de error e intervalos de confianza para cada tarea

	Sistema elegido		AirClipboard	
	T1	T2	T1	T2
Tiempo medio	49,6	80,2	19,7	35,9
Margen de error	16,61	17,08	6,57	5,53
Intervalo de confianza	[32,99-66,21]	[63,12-97,28]	[13,13-26,27]	[30,37-41,43]

Resumen de resultados

Respecto a la compleción de las tareas, como ya se ha mencionado anteriormente se completaron el 100% de las tareas.

Como se ve en la Figura 4, se puede decir que los usuarios son mucho más eficientes, al realizar las tareas propuestas, con *CopyFlyPaste* que con el sistema que cada uno ha elegido. Los datos reflejan que, tanto la Tarea 1 como la Tarea 2, se han realizado de media, en menos de la mitad de tiempo con la técnica *CopyFlyPaste* que con cualquier otra técnica.

**Figura 4:** Intervalos de confianza de la media para cada tarea

En ninguna de las pruebas realizadas, como puede verse en la Tabla 1, se ha tardado menos tiempo en realizar alguna de las tareas con los sistemas elegidos por los usuarios.

De estos resultados podemos afirmar que la hipótesis de partida es verdadera.

Por otro lado, si analizamos la satisfacción de la técnica *CopyFlyPaste* a partir de los valores obtenidos, obtenemos una

puntuación de SUS de 86,8 respecto a una puntuación máxima de 100. Si esta puntuación la comparamos con el *benchmark* de Sauro, podemos afirmar que nuestro sistema es mejor que el 75% de las aplicaciones evaluadas en dicho *benchmark*.

Un dato curioso a destacar es que el 80% de los usuarios han elegido para realizar las tareas el sistema e-mail y más concretamente *Gmail* (véase Tabla 1).

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo proponemos una técnica para facilitar la transferencia de recursos entre dispositivos de forma totalmente transparente para el usuario. Los autores han llamado a esta técnica *CopyFlyPaste* y permite a los usuarios copiar un recurso de un dispositivo y pegarlo directamente en otro dispositivo. Además, esta técnica no hace uso de ningún dispositivo extra, puede ser utilizado por cualquier dispositivo conectado a Internet e independiza la acción de copiar de la acción de pegar.

Se ha realizado una comparativa de la técnica propuesta con los sistemas actuales de transferencia de información entre dispositivos. Con esta comparativa se ha demostrado que la técnica propuesta necesita menos pasos a la hora de utilizarla y ha dado pie a la formulación de la hipótesis de partida.

Además, para evaluar la técnica se ha desarrollado un prototipo llamado *AirClipboard* que implementa *CopyFlyPaste* y se ha evaluado la efectividad y la satisfacción del mismo con usuarios reales. De esta evaluación se han obtenido los resultados siguientes: respecto a la eficiencia, se ha confirmado la hipótesis de partida que mantiene que “el sistema que se propone en este trabajo es más eficiente que los sistemas que utilizan actualmente los usuarios para transferir recursos entre dispositivos”, el resultado de la satisfacción ha sido muy positivo con un valor del 86,8 y finalmente la puntuación para la usabilidad y facilidad de aprendizaje de la técnica han alcanzado los valores de 85 y 93,8 respectivamente.

Como trabajo futuro se pretende desarrollar un prototipo más completo que soporte cualquier tipo de recurso multimedia y que implemente los cinco escenarios identificados.

En trabajos futuros también presentaremos una evaluación más completa del sistema y se realizará una comparativa cuantitativa con los sistemas actuales.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el trabajo presentado al proyecto Español CICYT-TIN 2011-27767-C02-01 y los proyectos de la Junta de Castilla-La Mancha PPII10-0300-4174 y PII2C09-0185-1030. También queremos agradecer este trabajo al Programa de Potenciación de Recursos Humanos del Plan Regional de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación 2011-2015 (PRINCET).

7. REFERENCIAS

- [1] Brooke, J. SUS: A quick and dirty usability scale, in: P. W. Jordan, B. Weerdmeester, A. Thomas, I. L. McLelland (Eds.), *Usability evaluation in industry*, Taylor and Francis, London, 1996.
- [2] Sauro, J. *A Practical Guide to Measuring Usability*, CreateSpace, 2010.

Sesión de Pósteres

<i>La Iluminación en el Diseño de la Navegación y las Interacciones en los Videojuegos Tridimensionales.</i> Marta Fernández, Simon Niedenthal y Manuel Armenteros (P)	167
<i>Modelo y Diseño de Interacción basado en Confianza para Espacios Inteligentes Orientados a la eSalud.</i> Mario Vega-Barbas y Miguel A. Valero (P)	169
<i>ACMUS (Accessible Music).</i> Mikel Ostiz Blanco, Alfredo Pina Calafi y Miriam Lizaso Azcárate (P)	171
<i>Dysegxia: un Juego Educativo para Niños con Dislexia.</i> Luz Rello, Clara Bayarri y Azuki Gòrriz (P)	173
<i>Plataforma social para el aprendizaje basado en vídeos creados por los estudiantes.</i> Jaime Urquiza, Jorge Castellanos, Isidoro Hernán, Estefanía Martín y Pablo A. Haya (P)	175

La Iluminación en el diseño de la navegación y las interacciones en videojuegos tridimensionales

Marta Fernández Ruiz

Técnico de Apoyo a la Investigación

Universidad Carlos III

C/Madrid, 133

34669573749

martafernandezruiz@gmail.com

Simon Niedenthal

Profesor Titular

Malmö Högskola

Östra Varvsgatan 11A

733642956

simon.niedenthal@mah.se

Manuel Armenteros

Profesor Ayudante Doctor

Universidad Carlos III

C/Madrid, 133

34616308618

marmente@hum.uc3m.es

ABSTRACT

En los últimos años la atención académica hacia el diseño de la interacción en los entornos tridimensionales de los videojuegos ha crecido. Si bien los videojuegos actuales se caracterizan en su mayoría por su gran riqueza visual, ésta no siempre tiene un fin meramente estético o decorativo, sino que puede adoptar un papel funcional al guiar visualmente al jugador en las diferentes interacciones que debe realizar en el juego. El propósito de este trabajo es explorar el papel de la iluminación como recurso expresivo empleado para condicionar los movimientos y las acciones del jugador en los videojuegos. De acuerdo a ello, se ha desarrollado un análisis de contenido sobre una muestra de videojuegos comerciales actuales. Tres corrientes de investigación proporcionan la base de este trabajo: el diseño de la interacción, la percepción visual y la iluminación en manifestaciones artísticas previas. El trabajo concluye con una descripción de las principales propiedades de la luz empleadas en el videojuego como forma de facilitar al jugador el acceso interactivo en los entornos tridimensionales, así como con una reflexión sobre la importancia de la capa visual del videojuego desde el punto de vista de la usabilidad.

Categories and Subject Descriptors

I.3.7 [Three-dimensional Graphics and Realism]: Color, shading, shadowing, and texture

I.4.8 [Scene Analysis]: Object recognition

J.5 [ARTS AND HUMANITIES]: Fine arts

General Terms

Design, Theory

Keywords

Pista de interacción, navegación, espacios tridimensionales, videojuegos, iluminación.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos han dado lugar a un gran realismo

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

gráfico y mayores oportunidades de interacción en los entornos de los videojuegos, lo que ha llevado a proporcionar una mayor sensación de presencia y de libre albedrío en los usuarios. No obstante, los entornos de los videojuegos se crean a partir de recursos expresivos que tienden a mostrar al jugador los elementos con los que éste puede interactuar y aquellos con los que no. En otras palabras, estos elementos son situados para guiar la experiencia interactiva de los usuarios del mundo del juego y consecuentemente restringir sus posibles movimientos y comportamientos. Estudios anteriores han tratado el papel de diferentes dispositivos visuales en el videojuego (especialmente el de la cámara virtual) y su papel a la hora de facilitar y promover las interacciones del jugador en los entornos tridimensionales de los videojuegos [6]. No obstante, recursos expresivos como la iluminación o el color han recibido escasa atención por parte de la comunidad académica.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En el ámbito académico del videojuego la iluminación ha sido estudiada principalmente a partir de los comportamientos del usuario empírico y principalmente en lo relativo a las emociones que determinadas condiciones lumínicas provocan en el jugador y las consecuencias que ello tiene en el desarrollo de las actividades lúdicas dentro de los entornos tridimensionales [3]. También se han realizado análisis de contenido de videojuegos existentes, pero desde la perspectiva del potencial evocativo de la iluminación en videojuegos de un género determinado: el survival horror [5].

Asimismo se han realizado estudios que hacen referencia a la iluminación y su capacidad de captar la atención visual del jugador. En este contexto se ha desarrollado un prototipo para que a tiempo real la iluminación capte la atención visual del jugador hacia zonas importantes. Se trata de un estudio del comportamiento del jugador, centrado en comparar la actuación del jugador en entornos con iluminación estática y en entornos con iluminación dinámica (a diferencia de la iluminación estática, que es pre-calculada por el ordenador en el momento de la creación del juego, la iluminación dinámica se calcula constantemente durante la ejecución del juego en función de las diferentes interacciones que realiza el jugador sobre el entorno), partiendo de la hipótesis de que la iluminación dinámica favorece la fijación de la atención visual del jugador sobre elementos importantes. Si bien se hace referencia a que dicho prototipo permite centrar la atención visual del jugador hacia zonas importantes, no hacen mención al papel explícito de la iluminación para guiar las interacciones y la navegación del jugador [7].

Se considera, por tanto, que no se ha realizado un estudio académico que aborde las diferentes formas en las que se aplica la iluminación con el fin de guiar la navegación y las interacciones del jugador.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el análisis de la iluminación en los videojuegos se ha realizado un análisis de contenido cualitativo consistente en la observación y la anotación de datos significativos con el fin de ofrecer una descripción detallada del uso de la iluminación como recurso expresivo para guiar la navegación y las interacciones del jugador. Asimismo se han empleado determinadas herramientas con las que medir algunos parámetros de la luz, principalmente a partir del software *Adobe Photoshop*. El análisis se ha realizado sobre una muestra determinada de videojuegos a una profundidad de un tercio del número total de los niveles de cada uno de estos videojuegos.

4. ILUMINACIÓN E INTERACCIÓN EN EL VIDEOJUEGO

Tras el análisis de contenido se ha procedido a delimitar una taxonomía de las principales propiedades de la luz empleadas en el videojuego para configurar experiencias de navegación e interacción. Se procede a continuación a describirlas.

4.1 El movimiento

El movimiento es la incitación visual más fuerte a la atención [1]. El movimiento rápido de una persona, o de un objeto que se cae, llamarán inmediatamente la atención del ojo humano, incluso aunque el estímulo se produzca en una zona periférica del campo de visión.

4.2 La intensidad lumínica

La intensidad lumínica es la impresión subjetiva de la luz cuando ésta ilumina una superficie y se compara con otra [4]. El empleo de la herramienta Umbral de Adobe Photoshop, que determina las áreas más claras y más oscuras de una imagen, ha permitido identificar que en la mayoría de las ocasiones el área de interés para las interacciones del jugador es la que mayor intensidad lumínica muestra.

4.3 El contraste cromático

El contraste cromático es uno de los medios más poderosos para discriminar determinados objetos o elementos de una composición. Si este contraste se realiza además entre colores cálidos y fríos es posible ejercer un mayor nivel de atracción del observador hacia los elementos que presenten el color cálido. Los colores cálidos parecen hacernos una invitación, en tanto que los fríos nos mantienen a distancia [1].

4.4 Las sombras

Las sombras en ocasiones oscurecen y limitan la visión, pero también pueden revelar detalles que apenas serían imperceptibles

sin ellas, como las texturas [2]. Entre las principales funciones de las sombras, destacan las de revelar ángulos alternativos (al mostrar, a modo de sombras proyectadas en la pared o en el suelo, formas del objeto que desde un único punto de vista no se pueden apreciar), añadir contraste y sugerir la presencia de objetos del fuera de campo.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo surge de la idea de que la estética en el videojuego, más allá de limitarse al estudio de los estilos visuales o a la calidad de los gráficos (aspectos que se suelen valorar negativamente, al considerarse que es más importante la calidad del juego que la de la representación gráfica del mismo) puede ser entendida como un fenómeno sensorial y perceptual, que actúa como un instrumento o perspectiva desde la que estudiar las cualidades de la experiencia de juego.

La iluminación, a través de cuatro propiedades fundamentales de la luz (el movimiento, la intensidad lumínica, el contraste de color y las sombras proyectadas), se aplica para apoyar las interacciones y la navegación del jugador en los entornos tridimensionales lúdicos.

Un conocimiento amplio del lenguaje del videojuego puede contribuir a optimizar la comunicación entre el diseñador y el usuario a través de la interfaz de videojuego, y al mismo tiempo reducir los recursos empleados en los procesos de renderizado.

6. REFERENCIAS

- [1] Arnheim, R. 1995. *Arte y Percepción Visual*. Alianza, Madrid.
- [2] Brown, B. 2008. *Motion Picture and Video Lighting*. Focal Press, Boston.
- [3] Knez, I. y Niedenthal, S. 2008. Lighting in digital game worlds: effects on affect and play performance. *CyberPsychology and Behavior*, 11(2), 129-133.
- [4] Michel, L. 1996. *Light: the shape of space. Designing with space and light*. Wiley, Nueva York.
- [5] Niedenthal, 2008. *Complicated shadows: The aesthetic significance of simulated illumination in digital games*. Tesis doctoral. Universidad de Malmö, School of Arts and Communication, en colaboración con Blekinge Institute of Technology, Department of Interaction and System Design.
- [6] Nitsche, M. 2008. *Video Game Spaces: Image, Play, and Structure in 3D Worlds*. The MIT Press, Cambridge/Londres.
- [7] Seif El-Nasr, M., Vasilakos, T., Rao, C. y Zupko, J. 2009. Dynamic Intelligent Lighting for Directing Visual Attention in Interactive 3D Scenes. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 1(2), 145 - 153.

Modelo y Diseño de Interacción basado en Confianza para Espacios Inteligentes orientados a la eSalud

Mario Vega-Barbas
Sistemas Telemáticos para la Sociedad de la
Información y el conocimiento
EUIT de Telecomunicación, Universidad
Politécnica de Madrid
Madrid, España
mvega@diatel.upm.es

Miguel A. Valero
Sistemas Telemáticos para la Sociedad de la
Información y el conocimiento
EUIT de Telecomunicación, Universidad
Politécnica de Madrid
Madrid, España
mavalero@diatel.upm.es

RESUMEN

La computación ubicua se ha convertido en un paradigma de referencia para el diseño de espacios inteligentes y los desarrollos actuales en el campo de la inteligencia ambiental están cada vez más relacionados con el concepto de Internet de las Cosas y la Internet del Futuro. A pesar de que este paradigma ofrece soluciones verdaderamente rentables en los ámbitos de la teleasistencia, la sanidad y *Ambient Assisted Living*, no proporciona al usuario final un rol claramente definido en el desarrollo de las interacciones dinámicas con el entorno. Por lo tanto, el despliegue de servicios de eSalud inteligentes en un espacio privado, como la casa, está todavía sin resolver. Esta tesis doctoral tiene como objetivo definir un modelo de interacción persona-ambiente para fomentar la confianza y aceptación de usuarios en entornos privados mediante la aplicación de los conceptos de seguridad centrado en el usuario, diseño guiado por la actividad y la teoría de la acción.

Categorías ACM

H.5.m [Information interfaces and presentation (e.g., HCI)]: Miscellaneous

Términos Generales

Factores Humanos; Diseño.

Palabras Clave

Interacción Persona-Espacio Inteligente, Confianza, IPO, Computación Ubicua

1. INTRODUCCIÓN

La tesis presentada en este trabajo se enmarca en el contexto del proyecto de investigación TALISEC+ y está sustentada por una beca predoctoral (FPI) concedida por el

Ministerio de Economía y Competitividad al amparo del proyecto TIN2010-20510-C04, TALISMAN+. Además, esta tesis está siendo desarrollada bajo un acuerdo de cooperación de doble título entre la Universidad Politécnica de Madrid y el Royal Institute of Technology (KTH) de Suecia.

Los modelos actuales de Interacción Persona-Ordenador (IPO) entienden a las personas como el centro de todas las actividades de interacción [5], sin embargo, tanto la computación ubicua como el diseño de espacios inteligentes y servicios previstos para estos dominios no contemplan o definen unas funciones claras para sus usuarios [7] más allá de meros consumidores. Miles de dispositivos rodeando al usuario difumina el concepto de control sobre el sistema por lo que resulta complejo incluir a los usuarios en el proceso computacional que desarrolla el paradigma de la computación ubicua. Por tanto, es necesario definir un nuevo rol para los usuarios que permita mantenerlos como objetivo de la interacción pero sin degradar la capacidad que ofrece dicho paradigma [4]. Este hecho resulta todavía más importante cuando se desea aplicar los conocimientos y técnicas proporcionados por la computación ubicua en ámbitos tan privados como el hogar y el procesamiento de información restringida (telemedicina, teleasistencia, etc.).

Las nuevas tendencias en la asistencia sanitaria y las necesidades de la sociedad actual justifican la inclusión de tecnología sofisticada en el desarrollo de un nuevo tipo de servicios de salud [6]. Así, la computación ubicua garantiza una solución óptima para el desarrollo de estos servicios mediante el apoyo a nuevas posibilidades de diagnóstico y tratamiento [2]. En este sentido, existen desarrollos actuales para garantizar un tratamiento médico adaptado y personalizado que resuelven problemas de espacio y disponibilidad entre los pacientes y los médicos pero que no terminan de ser aceptados.

Por consiguiente, esta tesis doctoral tiene como finalidad la definición y creación de un modelo de interacción persona-espacio inteligente orientados al despliegue de servicios de salud electrónica que maximice la aceptación de los usuarios a través de acciones comprensibles y confiables. Esta investigación trata de identificar aquellos factores que deben orientar el nuevo modelo y su aplicación en espacios donde la tecnología rodea al usuario y el grado de incertidumbre puede llegar a niveles de rechazo tecnológico [1], siguiendo los avances definidos en modelos relacionados como el Modelo de Aceptación de Tecnología Pervasiva (PTAM).

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

2. MÉTODOS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las hipótesis que se plantea en este trabajo de investigación es que la confianza que los usuarios pueden llegar a tener sobre un sistema resulta sumamente importante en la aceptación de la solución desarrollada. Por este motivo es necesario identificar los indicadores que han de especificar el nivel de confianza de una persona sobre un servicio pervasivo desplegado sobre un entorno inteligente. Así se hace necesario especificar qué modelos y metáforas de interacción pueden resultar más adecuados para escenarios de aplicación de la computación ubicua basados en el hogar y que manejan datos confidenciales, tales como, sistemas de teleasistencia, *Ambient Assited Living* y servicios de eSalud.

La confianza es tomada en este trabajo de tesis como el eje fundamental que debe guiar la aceptación de la tecnología y los desarrollos pervasivos. De esta forma, entendemos y planteo como hipótesis que la comprensión y control del medio y los servicios desplegados en ellos son la base sobre la que debe cimentarse la confianza sobre el sistema. Por tanto, es necesario revisar y actualizar las metodologías de desarrollo existentes para adaptarlas al contexto de la computación ubicua, puesto que, como se ha explicado en las secciones anteriores, un enfoque centrado en la persona podría degradar las capacidades y bondades que la computación ubicua ofrece. Actualmente existen diversos enfoques de diseño que, aún no siendo muy extendidos, podría encuadrar perfectamente con los planteamientos de esta tesis como es el Diseño Centrado en la Actividad [3], Diseño Centrado en el Uso o el Diseño Dirigido por Objetivos.

2.1 Definiendo la confianza

El concepto de confianza, más allá de su significado lingüístico, determina en gran medida si un desarrollo tecnológico es aceptado o rechazado, sobre todo cuando el usuario no tiene una percepción clara de la distribución física del sistema. Los servicios desarrollados mediante tecnología ubicua carecen de una localización física, están integrados en el entorno, trantando de adaptar su comportamiento en función del contexto del usuario y el entorno, lo que resulta un comportamiento no predecible. En ocasiones, comprender cómo debe funcionar un servicio de este tipo resulta complejo y estas dudas pueden generar un cierto grado de desconfianza. Además, este tipo de servicios basan su funcionamiento en la recopilación de datos íntimos y personales de las personas que interactúan con ellos por lo que ya no sólo se trata de comprender cómo funciona sino en cómo se gestiona esta información.

Es necesario definir el conjunto de indicadores que deben cuantificar y cualificar el concepto de confianza aplicado a la computación ubicua y los entornos inteligentes. El objetivo de estos indicadores debe ser determinar el grado de confianza que despierta un servicio pervasivo complejo en el contexto del Hogar Digital y los dominios de aplicación de la teleasistencia y la salud electrónica.

El método que se ha definido para la consecución de este objetivo está dividido en dos fases. Una fase inicial basada en un estudio de usuario, mediante entrevistas y cuestionarios realizados a más de 200 personas, para determinar una aproximación al conjunto de indicadores sobre confianza. Y una segunda fase de desarrollo de prototipos para la evaluación cuantitativa de dichos indicadores. Estos prototipos

serán desplegados en proyecto de investigación en desarrollo y relacionados con los dominios mencionados, garantizando el acceso a un número elevado de usuarios potenciales. Los resultados obtenidos en esta segunda fase deben concretar y validar las ideas obtenidas en la fase inicial.

2.2 Modelando la interacción confiable

Las tecnologías ubicuas no disponen, hasta la fecha, de metáforas de interacción como ocurre con la tecnología de cómputo tradicional (metáfora del escritorio) y los desarrollos relacionados con ésta (agarrar y soltar, tijeras, etc.). Aunque las metáforas mencionadas están ampliamente extendidas y aceptadas no suponen un modo intuitivo de interacción y es necesario un aprendizaje y una experiencia que debe ser adquirida con el uso de dicha tecnología. Sin embargo, la computación ubicua utiliza el entorno como medio para llegar a los usuarios permitiendo una interacción más cercana al ser humano, más natural, y que está estrechamente relacionada con la forma en la que éstos resuelven tareas cotidianas.

A pesar de las bondades que a priori ofrece la computación ubicua, su modelo tecnológico, transparente y omnipresente, puede generar un número indeterminado de interacciones por cuanto no se han definido en primera instancia. Por tanto, es importante prestar especial atención a no generar interacciones que distraigan al usuario y procurar que dichas interacciones no interfieran con otras cuando se pretende generar confianza en la relación Usuario - Entorno Inteligente.

La revisión bibliográfica y los indicadores definidos en el objetivo anterior conforman la base para el diseño del modelo de interacción previsto. La verificación y validación de dicho modelo está previsto realizarla a través de pruebas de concepto que serán desplegadas y evaluadas con usuarios finales en escenarios reales, como el Hogar Digital Accesible (UPM). Por otra parte, este modelo se utilizará para suministrar prototipos a varios proyectos de investigación en el campo de la salud electrónica en KTH, Suecia. De esta forma, el resultado de este objetivo deberá contribuir con un nuevo enfoque para la definición de roles de usuario en la computación ubicua así como nuevos métodos de diseño y desarrollo de entornos inteligentes, para y por las personas.

3. REFERENCIAS

- [1] E. Aarts and B. de Ruyter. New research perspectives on ambient intelligence. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 1(1):5–14, 2009.
- [2] J. A. Muras, V. Cahill, and E. K. Stokes. A taxonomy of pervasive healthcare systems. pages 1–10, 2006.
- [3] D. A. Norman. Human-centered design considered harmful. *Interactions*, 12(4):14–19, 2005.
- [4] S. Poslad. *Ubiquitous computing: smart devices, environments and interactions*. John Wiley & Sons Inc, 2009.
- [5] Y. Rogers, H. Sharp, and J. Preece. *Interaction Design - Beyond Human-Computer Interaction, 3rd Edition*. Wiley, 2012.
- [6] J. Tan, editor. *E-Health Care Information Systems*. Jossey-Bass, 1 edition, 2005.
- [7] D. Tennenhouse. Proactive computing. *Communications of the ACM*, 43:43–50, 2000.

ACMUS (Accessible Music)

Mikel Ostiz Blanco
 Universidad Publica de Navarra
 Computer & Math Engineering Dpt
 Campus Arrosadia, s/n, 31006
 Pamplona, Spain
 ostiz.60582@unavarra.es

Alfredo Pina Calafi
 Universidad Publica de Navarra
 Computer & Math Engineering Dpt
 Campus Arrosadia, s/n, 31006
 Pamplona, Spain
 pina@unavarra.es

Miriam Lizaso Azcárate
 Universidad Publica de Navarra
 Computer & Math Engineering Dpt
 Campus Arrosadia, s/n, 31006
 Pamplona, Spain
 miriam.lizaso@unavarra.es

ABSTRACT

En este artículo se describe el sistema de interacción del proyecto de educación musical ACMUS, así como el programa de evaluación que se está realizando con dicho proyecto en el grupo de investigación TAIPECO (Technologies and Applications for Collaborative Environments) de la Universidad Pública de Navarra.

Categories and Subject Descriptors

H.5.1 [Multimedia Information Systems]

General Terms

Experimentation, Human Factors

Keywords

Accesible computing, Human Computer Interaction, Education, Creativity with computers

1. Introducción

En el presente artículo se describe la aplicación ACMUS (Accesible Music), un proyecto multimedia cuyo objetivo es hacer el aprendizaje de la música más accesible. Ha sido desarrollado en el grupo de investigación TAIPECO (Technologies and Applications for Collaborative Environments) de la Universidad Pública de Navarra. El proyecto busca proponer formas innovadoras de trabajar con la música, principalmente enfocadas a poder trabajar desde el comienzo con ella, reduciendo la curva de aprendizaje y el tiempo de inicio en la práctica musical. A través de diversas formas y técnicas, la aplicación en su conjunto permite a los usuarios practicar y desarrollar diferentes destrezas y habilidades musicales desde el comienzo, favoreciendo también la motivación y el interés en el aprendizaje. La aplicación ACMUS se ha desarrollado para diferentes dispositivos y con diversos sistemas de interacción, para llegar a un gran número de usuarios, principalmente a aquellos con dificultades o limitaciones.

Además de preparar el proyecto para diferentes dispositivos, se ha trabajado con la interfaz de la aplicación para lograr esta adaptación citada a usuarios con limitaciones en el trabajo con música. Esta adaptación se ha trabajado tanto a nivel global de toda la aplicación, como específicamente en las actividades que la componen, como se desarrolla en el apartado 2 del artículo.

ACMUS se encuentra en la actualidad en un proceso de evaluación ambicioso dentro de la Comunidad Foral de Navarra. Este proceso de evaluación se enfoca tanto a educación general como a educación especial, en colaboración con diferentes centros y asociaciones en este ámbito.

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

2. Descripción de los sistemas de interacción

ACMUS combina los elementos musicales con elementos gráficos para facilitar la interacción con la aplicación. La unión entre sonido e imagen es un punto fundamental, puesto que permite suplir dificultades en el aprendizaje musical únicamente por la vía sonora mediante el aprendizaje simultáneo por la vía sonora y la vía visual. Dos ejemplos de ello son el conjunto de instrumentos musicales y de estilos musicales que aparecen a lo largo de toda la aplicación. En ambos casos, los colores están elegidos precisamente para ser reconocibles y separables entre sí, buscando la máxima separación cromática entre ellos.

ACMUS trabaja con un menú principal que da acceso a las diferentes actividades. En dichas actividades se trabaja con un sistema de pestañas y botones, ubicados en la misma disposición de la pantalla para mantener la coherencia de la aplicación. En la parte superior izquierda se sitúan siempre las pestañas desplegadas y en la parte superior derecha los botones de interacción. La parte inferior consiste en una barra que da acceso a la ayuda y al icono de retorno al menú principal.

La aplicación ACMUS se compone de 4 actividades diferentes, cada una de las cuales trabaja unas competencias musicales diferentes.

La actividad 1 es *El taller de composición*, cuyo objetivo es pintar mientras se crea música. La interacción se realiza mediante una doble asociación visual y sonora. La primera asociación es entre color y timbre. Es usual describir el timbre como “el color de un instrumento”, con lo que esta asociación no es arbitraria, sino que descansa sobre una forma de describir el timbre intuitiva y extendida. La segunda asociación es la intensidad del sonido y el grosor del trazo. Se pueden elegir varios grosores de trazo, cada uno de los cuales está asociado a un nivel de volumen diferente.

Además, hay 3 modos de interaccionar: pintar, tocar y escuchar. En el modo *pintar* se dibuja normalmente, en el modo *tocar* se puede repasar el dibujo haciendo sonar la parte que se repasa y en el modo *escuchar* se puede tocar un color del dibujo y dejarlo sonar. De esta forma, se puede “escuchar” el dibujo que se ha hecho, con lo que la fusión entre sonido e imagen es total.



Figura 1. Actividad 1 del proyecto ACMUS *El taller de composición*

La actividad 2 es *El escenario musical*, donde la interacción se realiza con un piano de 9 teclas y una selección de estilos musicales. Para cada estilo musical, hay un fondo del color al que está asociado ese estilo musical, para reforzar la unión entre sonido e imagen. Además, para cada estilo musical, hay 3

elementos que se adaptan: el timbre del piano), la banda de acompañamiento y la escala. Con estos 3 elementos, se puede improvisar y crear música en cualquier estilo.



Figura 2. Actividad 2 del proyecto ACMUS *El Escenario Musical*

La actividad 3 es *El director de orquesta*, donde se aprende a reconocer instrumentos musicales, de nuevo con el apoyo gráfico y visual. Suena un instrumento y mediante un listado gráfico se selecciona el instrumento que ha sonado. El nivel se puede aumentar haciendo sonar varios instrumentos a la vez a reconocer.



Figura 3. Actividad 3 del proyecto ACMUS *El Director de Orquesta*

La actividad 4 es *El estudio de mezcla*, donde se pueden mezclar canciones de diferentes estilos musicales. A partir de una canción, aparecen sus diferentes instrumentos o pistas en forma de iconos, representados por los gráficos de los 8 instrumentos generales de la aplicación. De nuevo se trabaja uniendo la vía sonora y la visual, utilizando las dos magnitudes principales en una mezcla: volumen y panorama. El volumen, que es una magnitud que va de un nivel bajo o mínimo a un nivel alto o máximo, está relacionado con la posición vertical del icono. El panorama (la cantidad de sonido que suena por el canal derecho y el canal izquierdo) se relaciona con la posición horizontal. Dicha unión es de nuevo intuitiva, ya que cuanto más a la derecha está un instrumento, suena más fuerte por el canal derecho y viceversa. Este sistema permite mezclar música de una manera intuitiva y muy visual.



Figura 4. Actividad 4 del proyecto ACMUS *El Estudio de Mezcla*

3. Evaluación del proyecto ACMUS

Como se ha comentado en la introducción de este artículo, se está llevando a cabo un programa de evaluación bastante completo de ACMUS en la Comunidad Foral de Navarra. En esta evaluación que se viene realizando desde hace varios meses se quiere trasladar el proyecto ACMUS a diferentes contextos de aprendizaje, para saber en qué situaciones es más útil y cómo mejorarlo. En concreto, este periodo de evaluación está también

enfocado en evaluar la viabilidad y diseño de un sistema de usuarios on-line que enriquezca el proyecto ACMUS.

Este programa de evaluación busca llegar a diferentes ámbitos dispares, para poder evaluar ACMUS en diferentes usos y contextos de trabajo. Por ello, la primera división que se utiliza es la de educación general y educación especial, contando con centros y entidades en ambos campos. En el caso de la educación general a través del Negociado de Integración Curricular de las TIC del Departamento de Educación del Gobierno de Navarra se está colaborando con colegios e institutos de la zona, mientras que en el ámbito de la educación especial se está trabajando con el Colegio Público Andrés Muñoz y con la Asociación Navarra de Discapacidad Intelectual ANFAS.

4. Conclusiones y vías futuras de trabajo

ACMUS está realizando un programa de evaluación para recoger información que permita mejorar y ampliar el proyecto. La evaluación en diferentes contextos permite conocer en qué situaciones es más útil ACMUS y que carencias tiene respecto de diferentes ámbitos. Además, se está trabajando en un sistema de usuarios que permita que el registro de quien utilice la aplicación. Este registro permitiría ventajas como archivar información generada en el uso y trabajar con diferentes niveles de registro. A través de este proceso de evaluación se busca definir este sistema de la forma más beneficiosa para los diferentes contextos.

5. Agradecimientos

Este proyecto es posible gracias a la beca de colaboración del Ministerio de Educación del Gobierno de España concedida para trabajar en este proyecto, así como el apoyo del proyecto Europeo Gaviota (DCI-ALA/19.09.01/10/21526/245-654/ALFA 111(2010)149, <http://alfagaviota.eu>). También es inestimable la ayuda del Negociado de Integración Curricular de las TIC del Departamento de Educación del Gobierno de Navarra y de todos los centros y entidades que están participando en la evaluación de ACMUS: Asociación Navarra de Discapacidad Intelectual (ANFAS), Colegio Educación Especial Andrés Muñoz, Instituto Educación Secundaria Marqués de Villena de Marcilla, Colegio San Francisco de Pamplona, Colegio Virgen de Nievas de Dicastillo.

6. Referencias

- [1] Johnny Chung Lee. *Human Computer Interaction Research*. Wii Remote Projects <http://johnnylee.net>
- [2] M^a Jesús Camino *Creatividad musical con dispositivos móviles* [2013, 29 de Febrero] Publicado en <http://www.educacontic.es>
- [3] Hourcade et al. 2010. Multitouch Tablet application and activities to enhance the social skills of children with autism spectrum disorders. *Journal of Personal and Ubiquitous Computing*. 2010.
- [4] Vera et al. 2007. Computer graphics applications in the education process of people with learning difficulties. *Journal of Computers & Graphics* 31(2007) 649 – 658

Dysegxia: un Juego Educativo para Niños con Dislexia

Luz Rello

Clara Bayarri

Azuki Gòrriz

Cookie Cloud
Barcelona, Spain
dysegxia@gmail.com

ABSTRACT

Alrededor del 10% de los niños tienen dislexia, un trastorno del aprendizaje que afecta a la lectura y a la escritura. La realización de ejercicios puede ayudar a superar las dificultades causadas por la dislexia. *Dysegxia* es el primer juego para dispositivos móviles que incluye ejercicios de palabras para niños con dislexia. Los ejercicios del juego se han diseñado a partir de una investigación previa sobre errores disléxicos y se adaptan a las dificultades específicas de cada jugador. Un estudio con 12 niños con dislexia mostró que el juego es más atractivo y motivador que los ejercicios tradicionales en papel. El juego está disponible en inglés y español, puede descargarse de forma gratuita para iOS y Android, y se ha sido incluido en el currículo de instituciones que apoyan a los niños con dislexia.

Categories and Subject Descriptors

K.3 [Computers in Education]: Computer Uses in Education—Computer-assisted instruction

Keywords

Dislexia, juego educativo, español, inglés, Android, iOS.

1. INTRODUCCIÓN

La **dislexia** es un trastorno de aprendizaje de origen neurológico que afecta a las habilidades lectoescritoras. Entre un 10 y un 17.5% de los hablantes nativos de inglés y entre un 7.5 y un 11% de los de español tienen dislexia [2], dificultando su acceso a la información escrita. Las palabras más largas o poco frecuentes, así como las palabras con una gran similitud fonética y ortográfica, suponen una dificultad añadida para este conjunto de personas [4].

Problema: Superar la dislexia supone un gran esfuerzo por parte del niño y en general requiere hacer reeducación. Gran parte de la reeducación incluye ejercicios con palabras. Sin embargo, estos ejercicios suelen ser en papel, con las limitaciones que ello supone:

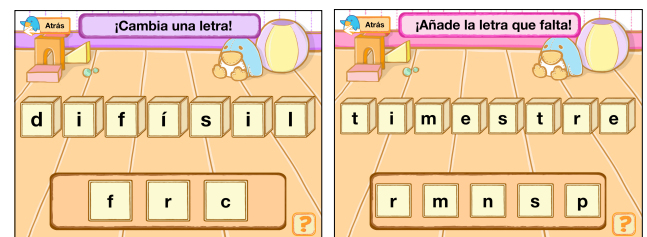


Figure 1: Ejercicios de sustitución y de inserción.

- (i) El formato de los ejercicios no es ni atractivo ni actual ya que cada vez más niños aprenden utilizando dispositivos electrónicos.
- (ii) La dificultad añadida que supone que los ejercicios sean en papel, ya que la disgrafía¹ y la dislexia son trastornos comórbidos .
- (iii) Estudios recientes de *eye-tracking* han demostrado que las personas con dislexia leen significativamente más rápido con ciertos diseños de texto en pantalla [7]. El papel impide adaptar el texto a estos formatos.
- (iv) El formato en papel impide aprovechar la tecnología actual para ajustar y adaptar los ejercicios en función del rendimiento del niño.

Solución: *Dysegxia* integra ejercicios pedagógicos en un formato más atractivo: un juego para dispositivos móviles. Al transformar los ejercicios en un juego esperamos que los niños se motiven a trabajar de forma regular. Asimismo, el formato digital permite aislar los problemas lingüísticos de los problemas debidos a la escritura manual y presentar el texto con un diseño adaptado para personas con dislexia. Por último, el juego monitoriza el rendimiento del jugador y adapta los ejercicios según las necesidades del niño.

Dysegxia presenta una o varias palabras con errores y el jugador debe corregirlas creando palabras válidas. Puede hacerlo mediante seis tipos de ejercicios: (a) añadiendo letras, (b) quitando letras, (c) sustituyendo una letra, (d) seleccionando la terminación correcta, (e) cortando en palabras, y (f) ordenando las letras o sílabas de una palabra (Figura 1).

¹Disgrafía es un trastorno de escritura asociado no sólo con las habilidades motoras que participan en la escritura, y sino también con la codificación ortográfica.

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

La interacción del juego es simple e intuitiva, aprovechando las capacidades táctiles de los dispositivos móviles. Por ejemplo, para mover una letra basta con desplazarla con un dedo al lugar que corresponda.

Aplicaciones móviles relacionadas: En comparación con las otras aplicaciones existentes para inglés y español en dispositivos móviles, *DysApp* es la única que contiene ejercicios de palabras diseñados a partir del análisis empírico de errores de niños con dislexia [6].

2. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

Dysegxia ha sido diseñada estrictamente en función a los hallazgos de investigaciones previas realizadas con personas con dislexia.

- **Presentación del texto.** Como el diseño del texto tiene un efecto significativo en el rendimiento lector, *Dysegxia* presenta el texto siguiendo parámetros en los que las personas con dislexia alcanzan la mejor legibilidad en pantalla [7, 3].
- **Diseño de los ejercicios.** Hemos utilizado dos corpus –uno en inglés y otro en español– de textos escritos por personas con dislexia [5], y hemos analizamos los errores más frecuentes extrayendo los patrones lingüísticos que se dan [8]. A partir de estos patrones y aplicando técnicas de procesamiento de lenguaje natural, hemos diseñado los ejercicios.
- **Creación de niveles de dificultad.** Hemos tenido en cuenta las dificultades específicas de las personas con dislexia. A medida que aumenta el nivel de dificultad, las palabras y los distractores son menos frecuentes, más largos, tienen una morfología más compleja, y tienen una mayor similitud fonética y ortográfica con otras palabras en cada idioma [1].
- **Experiencia de usuario.** Hemos mejorado el juego incluyendo los resultados de una evaluación que llevamos a cabo con 12 niños con dislexia utilizando la técnica de pensar en voz alta (*think-aloud*). Por ejemplo, hemos añadido logros en el juego: puntos, desafíos por resolver, y un pingüino que nace, crece y gana premios. Con el fin de involucrar a los jugadores, los logros se pueden compartir en línea con el resto de los jugadores a través del iOS Game Center.

3. IMPACTO SOCIAL

Dysegxia ha recibido atención por parte de los medios apareciendo en TV3 Televisió de Catalunya, Catalunya Ràdio, *El Periódico*, *El Confidencial* y *Avui*, entre otros.²

Dysegxia se encuentra disponible de forma gratuita en App Store³ y, desde su lanzamiento en junio de 2012, ha sido descargado más de 5.000 veces (Figura 2). Desde enero de 2013 *Dysegxia* también está disponible en inglés. Asimismo, hemos desarrollado una versión beta para Android.⁴

²<http://www.luzrelo.com/Outreach.html>

³<https://itunes.apple.com/us/app/dysegxia/id534986729?l=ca&ls=1&mt=8>

⁴<http://dysegxia.com>

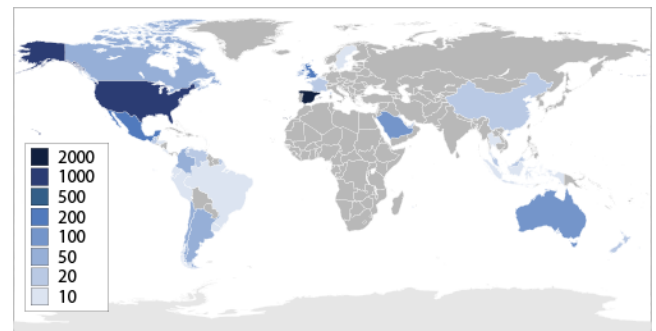


Figure 2: Número de descargas Dysegxia.

Tres centros de Barcelona que apoyan a niños con dislexia, Creix,⁵ Coddia,⁶ y Uditta,⁷ han integrado *Dysegxia* en su currículo. Al estar integrado en el contexto pedagógico de estos centros, *Dysegxia* tiene el potencial de desempeñar un papel esencial ayudando a los niños a superar la dislexia jugando.

4. REFERENCES

- [1] R. Mitkov, L. A. Ha, A. Varga, and L. Rello. Semantic similarity of distractors in multiple-choice tests: extrinsic evaluation. In *Proc. EACL Workshop GeMS '09*, pages 49–56. Association for Computational Linguistics, 2009.
- [2] L. Rello and R. Baeza-Yates. The presence of English and Spanish dyslexia in the Web. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 8:131–158, 2012.
- [3] L. Rello and R. Baeza-Yates. Good fonts for dyslexia. In *Proc. ASSETS'13*, Bellevue, Washington, USA, 2013. ACM.
- [4] L. Rello, R. Baeza-Yates, L. Dempere, and H. Saggion. Frequent words improve readability and short words improve understandability for people with dyslexia. In *Proc. INTERACT '13*, Cape Town, South Africa, 2013.
- [5] L. Rello, R. Baeza-Yates, H. Saggion, and J. Pedler. A first approach to the creation of a Spanish corpus of dyslexic texts. In *LREC Workshop Natural Language Processing for Improving Textual Accessibility (NLP4ITA)*, Istanbul, Turkey, May 2012.
- [6] L. Rello, C. Bayarri, and A. Gorrioz. What is wrong with this word? *Dysegxia*: a game for children with dyslexia (demo). In *Proc. ASSETS'12*, Boulder, USA, October 2012. ACM Press.
- [7] L. Rello, G. Kanvinde, and R. Baeza-Yates. Layout guidelines for web text and a web service to improve accessibility for dyslexics. In *Proc. W4A '12*, Lyon, France, 2012. ACM Press.
- [8] L. Rello and J. Llisterri. There are phonetic patterns in vowel substitution errors in texts written by persons with dyslexia. In *21st Annual World Congress on Learning Disabilities (LDW 2012)*, Oviedo, Spain, September 2012.

⁵www.creix.com/Barcelona

⁶www.coddia.com

⁷<http://www.uditta.com/>

Plataforma social para el aprendizaje basado en vídeos creados por los estudiantes

Jaime Urquiza, Jorge Castellanos,
Isidoro Hernán, Estefanía Martín
Grupo LITE, Universidad Rey Juan Carlos
C/Tulipan, s/n, 28933 Madrid

{jaime.urquiza,jorge.castellanos,isidoro.hernan,
estefania.martin}@urjc.es

Pablo A. Haya

Instituto de Ingeniería del Conocimiento
Universidad Autónoma de Madrid
C/Francisco Tomás y Valiente, 11, 28049 Madrid
pablo.haya@uam.es

RESUMEN

Esta contribución describe el trabajo realizado sobre una plataforma basada en redes sociales con fines educativos. La tarea principal de los alumnos será la creación de vídeos relacionados con conceptos de herencia en Java. Uno de los papeles principales de la plataforma es facilitar la comunicación y discusión entre los estudiantes durante el proceso de creación del vídeo. De todas las herramientas disponibles, las más valoradas fueron los foros privados y las valoraciones de los vídeos. Además los estudiantes están satisfechos con la experiencia, creyéndola de utilidad para otras asignaturas.

Categories and Subject Descriptors

H.5.1 [Multimedia Information Systems]: Video. H.5.2 [User Interfaces]: User-centered design. K.3.1 [Computer Uses in Education]: Collaborative learning.

General Terms

Human Factors.

Palabras clave

Aprendizaje basado en vídeos, redes sociales.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de aplicaciones educativas se ha visto influenciado por el desarrollo del espacio europeo de educación superior. En él se hace hincapié en la participación activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje. Uno de los enfoques usados en este marco es el aprendizaje colaborativo (CSCL) [1], basado en tecnologías de trabajo colaborativo [2], donde se da cabida a múltiples modos de interactuar por parte de los estudiantes y profesores, entre ellos y con las propias herramientas [3].

Una extensión natural de las herramientas de trabajo colaborativo son las redes sociales. Su uso como herramientas educativas ha seguido dos enfoques. Por un lado hay trabajos que aprovechan las redes sociales existentes, aunque con resultados variados. En algunos casos los estudiantes tienen una actitud positiva hacia el uso de estas redes sociales [5], sin embargo en otros terminan utilizando las redes como foros donde discuten sobre cuestiones que nada tienen que ver con el tema tratado en el curso [6]. Por otro lado se han utilizado redes sociales con fines educativos tanto desarrolladas por terceros [4] como por los propios investigadores [7]. Aunque no hay resultados totalmente claros sobre estos diferentes usos, parece que la satisfacción de los usuarios es buena y su implicación en las tareas educativas es mayor. Como

Actas del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Celebrado en el Marco del CEDI 2013, del 17-20 de septiembre de 2013 en Madrid, España.

Congreso promovido por AIPO – Asociación para la Interacción Persona-Ordenador.

contrapartida existe el riesgo de que los estudiantes usen estas herramientas con fines distintos a los del propio ámbito académico.

Esta contribución presenta una plataforma educativa basada en el enfoque de redes sociales. El desarrollo de esta herramienta se enmarca en el proyecto JuxtaLearn (www.juxtalearn.org). Uno de los objetivos principales del proyecto es facilitar la creación por parte de los estudiantes de vídeos en un entorno colaborativo. Para facilitar el trabajo entre los integrantes del grupo de trabajo, así como el debate posterior con el resto de la comunidad (curso, clase,...) hemos utilizado el enfoque de las redes sociales para la plataforma tecnológica que soportará parte de estas tareas.

2. DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA

Se parte de Elgg (www.elgg.com), software que permite la creación de plataformas sociales con herramientas estándar – foros, chats, contenidos, resumen, etc.– que luego se pueden adaptar a las características concretas de la plataforma a desarrollar. La función de nuestra plataforma será la de facilitar la creación, publicación y posterior discusión de vídeos realizados por los propios estudiantes de forma grupal.

La idea general de la plataforma se basa en la de las redes sociales adaptadas a la función educativa. Una vez registrados, lo primero que tendrán visible los usuarios es un resumen de la actividad que se ha llevado a cabo por todos los grupos, con un estilo similar al “muro” de Facebook.

Para que la interacción de los estudiantes sea lo más similar posible al uso de las redes sociales, se proporcionó un conjunto de herramientas. Algunas de estas herramientas pertenecen al núcleo de distribución de Elgg, mientras que otras se instalaron como *plugins* para ampliar la plataforma. Las herramientas facilitadas dentro de la plataforma son las siguientes:

Herramienta de grupos, que permite la creación y gestión de grupos de usuarios. Cada grupo puede tener sus propios archivos, vídeos, fotos e incluso un foro privado de mensajes.

Herramienta de vídeos embebidos, que permite la inclusión de vídeos como archivos embebidos dentro de las secciones publicadas por los usuarios de la comunidad.

Sistema de votación, que posibilita a los usuarios puntuar los contenidos publicados por otros usando una escala de uno a cinco. Por tanto, cada uno de los contenidos tendrá asociado una puntuación media que lo calificará de cara al resto de usuarios.

Calendario de eventos visible en toda la plataforma. Permitiendo la creación de calendarios personalizados para cada grupo.

Muro de notas, como sistema de microblogging donde el usuario puede comunicar algo al resto de la comunidad mediante un mensaje de texto corto. Esta herramienta es similar a *Twitter*,

permitiendo a los usuarios familiarizados con ella su uso en la plataforma.

Twitter y Facebook connect, permitiendo al usuario acceder a la plataforma sin necesidad de registrarse previamente usando su identificación vía *Twitter* o *Facebook*.

Marcadores que cada usuario o grupo de usuarios puede establecer a sitios de interés y compartílos con la comunidad.

Finalmente, también ofrece herramientas estándar como el foro de mensajes (privados para el grupo de trabajo o públicos), la herramienta de subida de archivos, mensajería privada, blog, búsqueda de contenidos, nube de etiquetas, galería de fotos o chat.

3. EXPERIENCIA EDUCATIVA

Hemos diseñado una experiencia para valorar el uso de redes sociales en tareas educativas centradas en la realización de vídeos por parte de los estudiantes. La temática de los vídeos es la herencia dentro de la Programación Orientada a Objetos. En concreto, se realizaron sobre la herencia desde el punto de vista de especialización, generalización, usos de la herencia, clases abstractas e interfaces. Los participantes fueron 28 estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Rey Juan Carlos de segundo curso distribuidos en 18 grupos. La experiencia estructura en cuatro pasos: diseño del guión del vídeo, realización del vídeo, publicación del vídeo y valoración de los vídeos publicados.

En primer lugar, cada grupo realizó el diseño del guión del vídeo explicando uno de los conceptos de herencia propuestos. Para la realización de este guión se habilitó un foro privado donde cada grupo intercambió sus ideas sobre la estructura del vídeo, los ejemplos a usar u otros aspectos relacionados.

El segundo paso fue la realización del vídeo. Este debía ser educativo, explicando claramente el concepto asignado a cada grupo. También se pidió la inclusión de subtítulos en castellano cuya activación dependería del programa de reproducción utilizado. La creación del vídeo se proponía de múltiples formas: utilizando muñecos/plastilina, generando gráficos, captura de pantallas, *stop motion*, *cutout animation*, ASCII art, *morphing* e incluso con la participación de personas reales como actores. No hubo ninguna restricción en cuanto al programa a utilizar aunque se proporcionó un listado con varios programas disponibles a través de Internet para este fin. La única restricción era evitar la explicación verbal o escrita tal y como lo podría explicar un profesor en una clase magistral. El vídeo debía tratar de relacionar el concepto con temas cotidianos, para que los usuarios que lo vean puedan aprender el concepto desde otro punto de vista. La duración propuesta era como máximo de 5 minutos incluyendo los títulos de créditos sobre su autoría.

La publicación consistía en cargar el vídeo realizado en la plataforma, de forma que esté visible para todos los usuarios registrados en la plataforma además de los miembros del mismo grupo. Los vídeos eran accesibles tanto a través de la plataforma como a través de YouTube. Además, el vídeo debía tener un título que identificara tanto el tema del que se trataba como a los autores del mismo. Dentro de la descripción del vídeo se debía incluir una breve introducción al concepto explicado así como sus puntos fuertes. También se debía añadir palabras clave que permitieran su posterior búsqueda. Finalmente, cada vídeo debía tener asociado un foro de debate.

Finalmente, todos los participantes debían expresar su opinión en el foro de debate correspondiente. Su objetivo era destacar los puntos fuertes y débiles de cada uno de los vídeos. Cada

participante debía incluir al menos un comentario asociado a cada vídeo centrándose en destacar aspectos positivos del vídeo o aspectos que deberían mejorarse planteando posibles alternativas. Los autores de cada vídeo debían responder a los comentarios de sus compañeros, indicando de forma razonada si estaban de acuerdo con las mejoras propuestas sobre su vídeo o si por el contrario creían que había una alternativa mejor. Además, los estudiantes debían facilitar una calificación del vídeo en función de su calidad y posible eficacia educativa usando una escala de 1 a 5 junto con la típica herramienta “Me gusta”.

4. CONCLUSIONES

Como resultado de esta experiencia educativa se realizaron 12 vídeos y las herramientas más destacadas por los alumnos fueron los foros de discusión privados, los comentarios que les hacían sus compañeros y la posibilidad de valorar un vídeo en una escala del 1 al 5. Los alumnos enfatizaron el uso de vídeos como medio de aprendizaje dentro de las asignaturas de la rama de ingeniería ya que les ayudaba a comprender mejor temas abstractos. Se resaltaba la importancia del desarrollo del guión más que el vídeo en sí mismo. Además, de forma habitual, los alumnos buscan vídeos en *YouTube* para intentar comprender mejor los conceptos de las materias que se encuentran estudiando.

5. AGRADECIMIENTOS

The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n° 317964 JUXTALEARN. También agradecemos a los alumnos de la Universidad Rey Juan Carlos su participación en este trabajo.

6. REFERENCIAS

- [1] Dillenbourg, P. 1999. *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. Advances in Learning and Instruction Series. New York, NY: Elsevier Science, Inc.
- [2] Grudin, J. 2006. Computer-Supported Cooperative Work: History and Focus. *Computer*. 27, 5, 19–26.
- [3] Stahl, G., Koschmann, T., and Suthers, D. 2006. Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. In *Cambridge handbook of the learning sciences*, R.K. Sawyer, Ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 409-426.
- [4] Brady, K.P., Holcomb, L.B. and Smith, B.V. 2010. The use of alternative social networking sites in higher educational settings: A case study of the e-Learning benefits of Ning in education. *J. of Interactive Online Learning*. 9, 2, 151–170.
- [5] DeSchryver, M., Mishra, P., Koehler, M. and Francis, A. 2009. Moodle vs. Facebook: Does using Facebook for discussions in an online course enhance perceived social presence and student interaction?. In *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, I. Gibson et al. Ed. AACE, Chesapeake, VA, 329–336.
- [6] Madge, C., Meek, J., Wellens, J. and Hooley, T. 2009. Facebook, social integration and informal learning at university: ‘It is more for socialising and talking to friends about work than for actually doing work.’. *Learning, Media and Technology*. 34, 2, 141.
- [7] Veletsianos, G. and Navarrete, C.C. 2012. Online Social Networks as Formal Learning Environments: Learner Experiences and Activities. *International Review of Research in Open and Distance Learning*.

ÍNDICE DE AUTORES

Abad, A.	53	González, F.	127
Aleixandre, R.	95	González, I.	83
Alonso, A.	95	González, J.L.	75
Amengual, E.	113	González, P.	161
Arciniegas, J.L.	153	Gorrioz, A.	173
Armenteros, M.	167	Granollers, T.	23,127,143,153
Baldassarri, S.	75,131	Grau, S.	3
Bayarri, C.	173	Guerrero, G.	157
Benghazi, K.	35,157	Gutiérrez, F.L.	53
Berdud, M.L.	27	Haya, P.A.	27,175
Berman, B.	105	Hernán, I.	175
Bernier, J.L.	39	Hourcade, J.P.	105
Calvo, R.	11	Hupont, I.	131
Cairos, M.	69	Iglesias, A.	11
Caracuel, A.	35	Jurado, F.	143
Castellanos, J.	175	Lisazo, M.	171
Cerezo, E.	75,131	López, J.L.	31
Collazos, C.A.	153	López, J.R.	53
Cuberos, G.	35	Lozano, C.	143
de La Guía, E.	61	Lozano, M.D.	61
de La Rubia, E.	31,91	Macías, J.A.	135
de Oleo Moreta, C.	19	Madrid, R.I.	31
del Hoyo, R.	131	Manresa, C.	113
Díaz, A.	31,91	Marco, J.	75
Díaz, P.	119	Marcos, M.C.	47,139
Diez, D.	119	Martín, E.	27,175
Fermenal, R.	139	Martínez, G.	43
Fernández, M.	167	Masip, L.	143
Galdón, P.	31	Mateo, P.	43
Gallud, J.A.	161	Molina, A.I.	83
García, J.	99	Moreno, L.	11
García, M.	27	Moya, S.	3
Garrido, J.L.	35,157	Navarro, C.	95
Garvin, K.	127	Navarro, V.	69
Gil, R.	75	Neves, R.	127
Godoy, L.	139	Niedenthal, S.	167
González, C.	69	Noguera, M.	35,157

Oliva, M.....	143	Sánchez, A.	27
Ostiz, M.....	171	Sánchez, E.....	135
Paderewski, P.	53	Sánchez, J.....	99
Padilla, N.....	53	Sánchez, O.	99
Pascual, A.....	23	Santos, L.....	127
Penichet, V.	61	Sevilla, D.	43
Pina, A.....	171	Solano, A.	153
Ponsa, P.	113,127	Tena, S.	119
Rello, L.....	47,173	Tesoreiro, R.	161
Ribelles, A.....	139	Trepat, T.....	143
Ribera, M.....	23	Tost, D.	3
Rodrigo, C.....	147	Urquiza, J.....	175
Rodríguez, C.....	157	Valderrama, J.C.	95
Rodríguez, L.....	19	Valero, M.	169
Rojas, I.....	39	Vanderdonckt, J.....	99
Roldán, D.....	27	Vázquez, M.....	147
Román, M.....	39	Vázquez, N.....	147
Romero, R.	119	Vega, M.	169
Rosado, S.....	27	Vidal, A.....	95
Ruiz, A.....	35	Vilanova, R.	127