

Realidad Aumentada Adaptativa

Tenemaza M*; Ramírez J**; De Antonio A***

*Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería de Sistemas, Quito, Ecuador
e-mail: maritzol.tenemaza@epn.edu.ec

** Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática, Madrid, España
e-mail: jramirez@fi.upm.es

*** Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática, Madrid, España
e-mail: angelica@fi.upm.es

Resumen: Hoy Google ofrece su producto Google Glass, hace uso de Realidad Aumentada Adaptativa (A2R), lo que muestra su importancia como tecnología emergente. Por otro lado, la existencia de teléfonos inteligentes que permiten aplicaciones ubicuas y móviles, y la gran cantidad de sensores disponibles en ellos que dotan al software de capacidades para percibir el entorno del usuario, su localización y sus actividades, crean la necesidad de que ahora el software tenga que adaptarse al usuario de la aplicación en tiempo real. Como precursores de la Realidad Aumentada Adaptativa se presta una especial atención a la hipermedia adaptativa y a la adaptabilidad web. Debido al grado de desarrollo alcanzado por este tipo de sistemas, cabe esperar que sirvan de fuente de inspiración a la hora de determinar las características del usuario relevantes para la adaptación y los modelos que requiere la adaptabilidad en sistemas de Realidad Aumentada Adaptativa. Asimismo, este trabajo presenta algunos proyectos de A2R destacando sus carencias, sobre todo, en lo que se refiere a su adaptabilidad al usuario. Por último, se mencionan algunas posibles futuras líneas de investigación en el campo de la A2R derivadas de las debilidades identificadas en los sistemas actuales de A2R.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Realidad Aumentada Adaptativa, A2R, AR, Tecnología Emergente, Sistemas A2R, Adaptabilidad.

Abstract: Today Google announces its Google Glass product, implementing Adaptive Augmented Reality (A2R). This shows the importance of A2R as an emerging technology. On the other hand, the existence of smart phones that allow ubiquitous and mobile applications, and the large number of available sensors in them that provide software with the capability to perceive the user's environment, their location and their activities, create the need for the software to adapt to the user of the application in real time. As precursors of Adaptive Augmented Reality special attention is paid here to adaptive hypermedia and web adaptability. Because of the degree of development reached by such technologies, they can be expected to serve as a source of inspiration in determining the user characteristics that are relevant to adaptation, and the models required for adaptability in Adaptive Augmented Reality. Also, this paper presents some A2R projects, highlighting its shortcomings, especially in terms of its adaptability to the user. Finally, some possible future research lines in the field of A2R are derived from the identified weaknesses in current A2R systems.

Keywords: Augmented Reality, Adaptive Augmented Reality, A2R, AR, Emerging Technology, Systems A2R, Adaptability.

1. INTRODUCCION

La A2R (del Inglés Adaptive Augmented Reality) se refiere a aquellos sistemas de Realidad Aumentada que se adaptan para comportarse de forma diferente para diferentes usuarios [5]. Muchos de estos sistemas hoy en día son accesibles a través de teléfonos inteligentes, de manera que el sistema

potencialmente puede dar apoyo a las actividades cotidianas del usuario en un entorno móvil y ubicuo.

Actualmente, la computación ubicua, la integración de cámaras en gafas y en teléfonos móviles inteligentes, la presencia de sensores en nuestra vida diaria, la Internet de las cosas (IoT, del Inglés Internet of Things)[20], la existencia de la tecnología de la nube (más conocida como Cloud en Inglés), sus modelos de programación para almacenar grandes cantidades de datos tales como Hadoop, servicios Mashup que facilitan la generación de proyectos, APIs liberadas, aplicaciones tanto educativas como comerciales disponibles en teléfonos inteligentes y la gran dependencia de las personas hacia los dispositivos móviles, todo ello nos describe una

situación en la que el concepto A2R está cobrando gran relevancia. Sin embargo, de la información analizada se puede vislumbrar la A2R como una tecnología emergente pero aún poco desarrollada, a pesar de estar ya a la vuelta de la esquina el próximo lanzamiento de Google Glass en el presente año y de existir ya algunos proyectos pioneros, por ejemplo, en el área de los museos. No obstante, el concepto de Adaptación no es nuevo. Porello, para ubicar a la Realidad Aumentada Adaptativa (A2R), se propone la Figura 1, en la cual la línea superior muestra la evolución de los sistemas que tienen que ver con el continuo de Realidad-Virtualidad, donde primero surgen los sistemas de Realidad Virtual, luego de los cuales aparecen los sistemas de Realidad Aumentada, a continuación surge la Realidad Aumentada Adaptativa, y finalmente los sistemas de Realidad con Inteligencia Adaptativa.

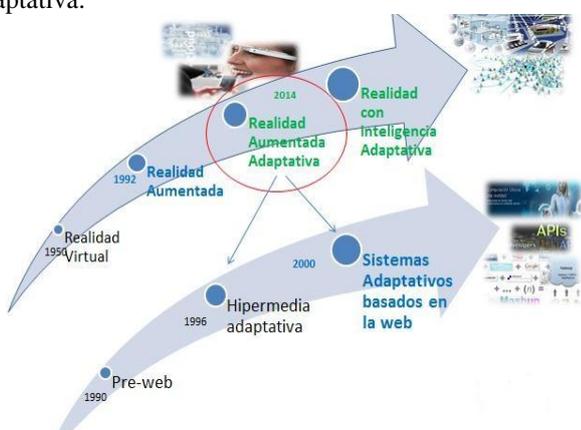


Figura 1. Evolución de la A2R en relación con los sistemas basados en tecnologías web. (Creación personal)

Por otro lado, desde la década de 1950 los arquitectos de software han diseñado sistemas para la adaptación de información al usuario [25], de lo que se deriva la necesidad de analizar cuidadosamente a los antecesores de la A2R, los sistemas con adaptabilidad al usuario existentes, para conocer cómo se abordó la adaptabilidad en estos primeros sistemas. En la línea inferior de la figura 1 se representan los sistemas basados en tecnologías con adaptabilidad al usuario, evolucionando desde los sistemas pre-web, pasando por los sistemas de hipermedia adaptativa, y llegando en la actualidad a los sistemas web adaptativos. La primera generación de sistemas adaptativos, hacia 1990, fueron los sistemas pre-web que combinaban el Hipertexto y la Multimedia (dando lugar a la Hipermedia), y que adaptaban la presentación de contenidos y la navegación en sistemas de corpus cerrado. Un sistema adaptativo de hipermedia (AH en Inglés Adaptive Hypermedia) es el cruce de caminos entre la investigación de hipermedia y el modelado de usuario (UM en Inglés User Model) [4]. Se considera a 1996 como el punto de inflexión en la investigación de la hipermedia adaptativa. Casi todos los trabajos publicados antes de 1996 describen los sistemas clásicos pre-web, por el contrario, a partir de 1996 se dedican a la hipermedia adaptativa basada en web [4]. La

segunda generación de AH, basada ya en Internet, presenta sistemas de corpus abierto que adaptaban los contenidos al usuario basándose en sus conocimientos e intereses.

En la tabla 1 se muestra algunos de los tipos de sistemas que se pueden encontrar en el campo de la hipermedia adaptativa.

| Sistemas de Hipermedia Adaptativa | | | |
|---|--|---|---|
| Sistemas Educativos | Sistemas de Información en línea | Sistemas de Representación de información | Sistemas que gestionan vistas personalizadas |
| <ul style="list-style-type: none"> Sistemas de educación en línea. | <ul style="list-style-type: none"> Enciclopedias electrónicas. Quioscos de información. Museos virtuales y guías de mano. Sistemas de comercio electrónico. Sistemas de apoyo al desempeño. | <p>Sistemas orientados a las búsquedas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sistemas clásicos de recuperación de información. Filtros de búsqueda. <p>Sistemas orientados a la navegación.</p> <ul style="list-style-type: none"> Sistemas adaptativos de guiado. Sistemas adaptativos de anotación. Sistemas adaptativos de recomendación. | <ul style="list-style-type: none"> Vistas personalizadas. Organización de marcadores. |

Tabla 1. Tipos de sistemas de Hipermedia Adaptativa. (Información tomada de [4])

Los sistemas adaptativos basados en el uso de la web tienen características principales [9]:

1. La internalización del usuario en el sistema.
2. El uso de los recursos y datos disponibles en la web.

La interacción de los usuarios con los sistemas a través de la web representa enormes desafíos y un sinnúmero de oportunidades:

1. Desde el punto de vista del sistema el desafío es apoyar las necesidades heterogéneas de los usuarios.
2. Desde el punto de vista del usuario aparecen como desafíos la velocidad a la que se está produciendo nueva información, y la cantidad de servicios ofrecidos, que puede ser abrumadora.

La idea es “evitar la talla única para todos” [4]; el enfoque consiste en apoyar efectivamente a los usuarios en sus actividades aprovechando los recursos disponibles en la web y su contexto. Hoy en día, la adaptabilidad web ha alcanzado gran desarrollo y la investigación sobre este tipo de sistemas ha sido exitosa, de forma que el usuario se siente atendido en muchas de sus actividades realizadas en la web.

Más recientemente, aparece una tercera generación de sistemas adaptativos basados en movilidad y contexto, sobre la base tecnológica de la Internet de las Cosas [20] y la Internet de los Servicios [9]. Estos sistemas aplican la idea de adaptación a las condiciones del entorno del usuario, para adaptarse no solo al usuario, sino también a su contexto.

Como se observa en la Figura 1, por la década de los 90 ya se hablaba de los sistemas adaptables al usuario, y ya se investigaba sobre modelos de usuario y otro tipo de modelos claves para los sistemas adaptativos. Sin embargo, sorprendentemente, los conocimientos acumulados a lo largo de este tiempo parecen no haberse traspasado al mundo de los sistemas de Realidad Aumentada Adaptativa. En este documento se va a definir en primer lugar el concepto de Realidad Aumentada Adaptativa. A continuación, se revisarán los distintos modelos que se han propuesto en la hipermedia adaptativa y los sistemas adaptativos web para personalizar el sistema. Seguidamente, centraremos nuestra atención en el modelo del usuario, describiendo las características del usuario relevantes para la adaptabilidad y algunos de los métodos existentes para inicializar dicho modelo. Pasaremos después a analizar los proyectos actuales de A2R y todos los elementos que incorporan para la lograr la adaptabilidad, caracterizando el estado actual de la tecnología y enumerando las principales carencias identificadas. Finalmente, como conclusiones, se plantearán algunas posibles líneas de investigación derivadas de algunas de las carencias de los proyectos analizados.

2. CONCEPTUALIZANDO LA REALIDAD AUMENTADA ADAPTATIVA

El término realidad aumentada (AR, del Inglés *Augmented Reality*) aparece como una variante de los entornos virtuales (VE del Inglés *Virtual Environment*) o sistemas de realidad virtual (VR del Inglés *Virtual Reality*). La realidad virtual sumerge a un usuario dentro de una realidad sintética de forma que no puede ver el mundo real que lo rodea; en contraste, la realidad aumentada permite al usuario ver el mundo real aunque éste es aumentado con objetos virtuales superpuestos. Azuma [1] especifica tres características fundamentales de la AR: (a) combina real y virtual, (b) se interactúa en tiempo real, y (c) está representada en 3D [18].

Así pues, la realidad aumentada está basada en el enriquecimiento del campo natural de la vista de los usuarios, con la integración coherente de texto, símbolos y objetos interactivos tridimensionales en tiempo real. Esto permite aplicaciones altamente dinámicas [15].

Sin embargo, estos sistemas a veces perturban a los usuarios mediante superposición de información irrelevante a sus necesidades y preferencias [16].

Esta afirmación justifica la necesidad de investigación en la realidad aumentada adaptativa y los sistemas adaptables al usuario, ya que cada individuo es un ente diferente y requiere información personalizada. La A2R es la oportunidad para que los usuarios dispongan de información útil a sus requisitos y necesidades particulares en un entorno real.

La realidad aumentada adaptativa (A2R) es un proceso de adaptación de la realidad aumentada al contexto actual y a las características personales de un usuario [8].

A medida que la cantidad de información que se necesita es previsible y depende fuertemente de la misión individual, un sistema adecuado debe ofrecer capacidades de

adaptación [15]. Algunos investigadores ya se encuentran estudiando el aumento de información adaptada al contexto del usuario o sus preferencias [16].

3. CARACTERÍSTICAS Y MODELOS PARA LA ADAPTABILIDAD

Dentro del campo de la hipermedia adaptativa se han propuesto los siguientes modelos requeridos para la adaptación (ver Figura 2), son [14] [2]:

- **El modelo del usuario**, describe la información personal, conocimientos, preferencias, habilidades, estados emocionales y muchas otras características del usuario y su contexto.
- **El modelo del dominio**, representa el dominio de conocimiento con el que trabaja el sistema.
- **El modelo de interacción**, representa la interacción que se produce entre el usuario y la aplicación. Los datos almacenados en el modelo de interacción se utilizan para inferir las características del usuario con el objetivo de actualizar y validar el modelo de usuario (UM).

Posteriormente, con la aparición de los Sistemas Adaptativos basados en la web, algunos autores han dado el protagonismo al proceso de adaptación, y de él han derivado los modelos requeridos. La adaptación de un sistema

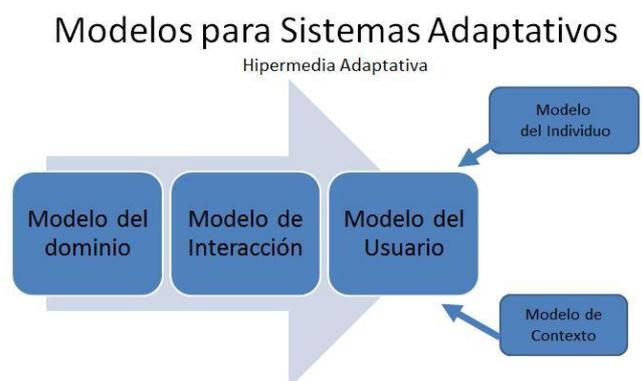


Figura 2. Modelos para los Sistemas Adaptativos. (Creación personal, información tomada de [14] [2])

puede ser vista como un proceso definido por la interrelación de tres componentes principales, que responden a tres preguntas básicas [9], como se observa en la Figura 3:

Sistemas Adaptativos basados en la web



Figura 3. Sistemas Adaptativos basados en la Web. (Creación personal, información tomada de [9])

- ¿Qué adaptar? Se responde al modelar los recursos y la estructura de información del sistema. De aquí deriva el modelo de dominio (DM del Inglés Domain Model), cuyo objetivo es determinar el entorno en el que el usuario interactúa con el sistema.
- ¿A qué adaptar? El proceso de adaptación requiere la comprensión del usuario. El Modelo de Usuario (UM del Inglés User Model) representa al usuario como una parte del sistema, mediante la descripción del usuario en términos de sus características, preferencias y comportamiento.
- ¿Cómo adaptar? Esto se resuelve por medio del modelo de adaptación (AM del Inglés Adaptation Model). El propósito de este modelo es especificar cómo los diferentes elementos del DM, se organizarán dado un usuario específico (UM).

Como se muestra en la Figura 4, el modelo de adaptación adapta la presentación de contenidos y la interacción con el usuario mediante la alteración de los elementos disponibles en el modelo de dominio. Esto se hace tomando en cuenta el modelo del usuario. El modelo de adaptación representa una novedad respecto a la propuesta de la Hipermedia Adaptativa, en la que la adaptación está implícita en el modelo de interacción.

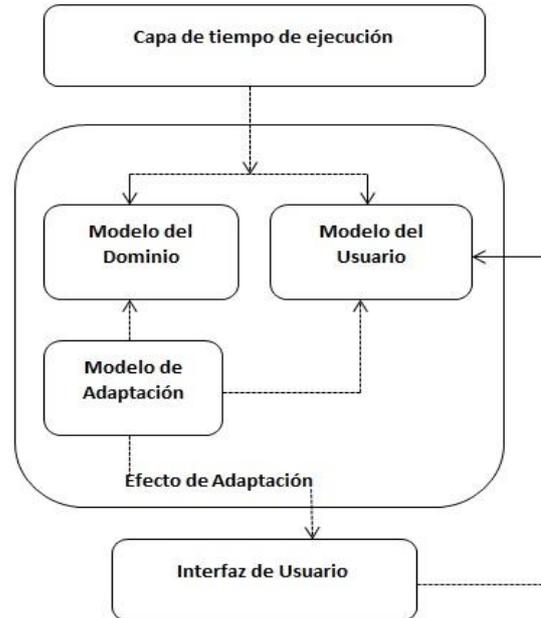


Figura 4. Modelos para la Adaptación. (Adaptado de [9])

Esta división en modelos permite una mejor comprensión del proceso de adaptación.

Llevar la adaptabilidad a la práctica requiere analizar cuestiones como [25]:

- La forma de adquirir datos sobre los usuarios y sus comportamientos.
- La forma de representar y almacenar información acerca de los usuarios.
- Cómo analizar el comportamiento de un usuario y sacar conclusiones acerca de sus conocimientos, intereses, metas, y otras características.
- Cómo adaptar los parámetros del sistema a usuarios individuales o grupos de usuarios.
- La forma de planificar y realizar adaptaciones.

Como primer paso nos centraremos en identificar cuáles son las diferentes características relevantes acerca del usuario y de su contexto, que servirán para adaptar el sistema a sus intereses y necesidades.

4. CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO RELEVANTES PARA LA ADAPTACIÓN

En la historia de la hipermedia adaptativa se identificando etapas en el modelado de usuario [4].

- Hasta 1996 se modelaron características de usuario tales como, objetivos/tareas, conocimientos, formación, experiencia y preferencias.
- A partir de 1996, agregan dos elementos a esta lista, los intereses del usuario y los rasgos individuales.

De acuerdo a la naturaleza de la información que está siendo modelada en sistemas web adaptativos, se pueden distinguir [5]:

- Las características del usuario como individuo.
- Las características del contexto actual de trabajo del usuario.

Un resumen puede observarse en la Figura 5:

Características del Usuario y Contexto

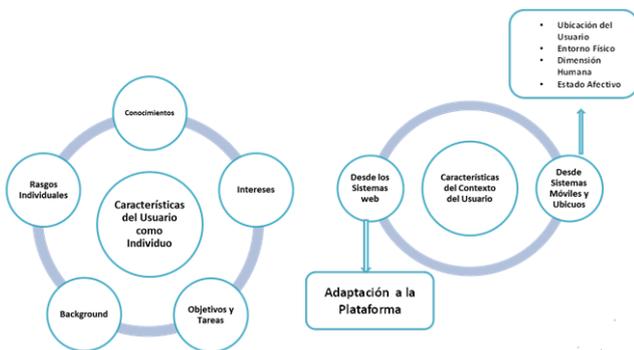


Figura 5. Características del usuario a ser consideradas en sistemas adaptativos, desde la hipermedia adaptativa. (Creación personal, información tomada de [5])

4.1 Características del usuario como individuo

Son las características más importantes para los sistemas adaptativos web. Las más populares y útiles para los modelos del usuario son el conocimiento, intereses, objetivos, background y características individuales.

A continuación se las describe una a una (tomado de [5]):

1. Conocimiento

El conocimiento del usuario es una característica muy importante y depende del dominio representado en el sistema [14][12]. Además es una característica variable. El usuario puede tanto ampliar sus conocimientos como olvidar algunos de ellos, y esto puede ocurrir de una sesión a otra, e incluso dentro de la misma sesión. Esto significa que un sistema adaptativo basado en el conocimiento del usuario tiene que reconocer los cambios en el estado de los conocimientos del usuario y en consecuencia actualizar el modelo de usuario.

Existen varios tipos de modelos que se proponen para representar el conocimiento del usuario:

- **El modelo escalar.** Significa representar el nivel de conocimiento del dominio que tiene el usuario por un valor en una escala cuantitativa (números) o cualitativa (bueno, medio, pobre, ninguno). Normalmente se genera por autoevaluación o prueba objetiva. Por ejemplo, el sistema de apoyo a la lectura de documentación Metadoc [3], divide a los usuarios con un modelo escalar (principiante, intermedio o experto). A los expertos se les presenta el contenido del documento con ciertas explicaciones colapsadas, mientras que a los principiantes se les presentan todos los contenidos.

La desventaja de este modelo escalar es su baja precisión, ya que un dominio puede tener diferentes subdominios, y el usuario puede ser experto en ciertas partes del dominio y no conocer otras. Por ejemplo, en un procesador de texto, el usuario puede ser experto en manejo de texto, pero no conocer la edición de fórmulas. Por tanto, para adaptaciones avanzadas un modelo escalar no es suficiente.

- **Modelo estructural.** La forma más conocida del modelo estructural de conocimiento es el Modelo de Superposición, cuyo propósito es representar el conocimiento de un usuario individual como un subconjunto del modelo del dominio, que refleja un conocimiento experto.

Cada fragmento del modelo del dominio almacena una estimación del conocimiento, de la siguiente forma:

(a) Forma antigua, la representación era dicotómica (sí/no) (sabe/no sabe).

(b) Forma moderna, se representa el grado en que el usuario conoce el fragmento del dominio.

– Cualitativa (bien / promedio / pobre).

– Cuantitativa (como una probabilidad).

De acuerdo a la naturaleza de los conocimientos del usuario, los modelos estructurales se dividen en:

(a) Dominio conceptual (hechos y relaciones) se representa como una red de conceptos.

(b) Dominio procedimental:

– Conocimiento para resolver problemas, se representa como un conjunto de reglas para resolver problemas.

– Conocimiento para evaluar la exactitud de la solución, se representa como un conjunto de restricciones.

El modelo de superposición, en forma general, sirve:

(a) Para medir en qué medida el usuario conoce un concepto.

(b) Para determinar cuál es la probabilidad de que un usuario pueda aplicar una regla.

La desventaja del modelo de superposición es que difícilmente el conocimiento del usuario es exactamente un subconjunto del dominio del conocimiento.

- **Modelo de Error.** El más estudiado es el modelo de error llamado Modelo de Perturbación. Este modelo asume que muchas perturbaciones incorrectas podrían existir por cada elemento del dominio del conocimiento. Para este modelo no es suficiente declarar los elementos de conocimiento del dominio, sino también identificar el conocimiento erróneo específico. Por esta razón, los modelos de error representan tanto el conocimiento correcto como el conocimiento erróneo. Se concluye que los modelos de error permiten que los sistemas reconozcan conceptos erróneos en la solución de problemas, y proporcionen explicaciones útiles personalizadas.
- **El modelo genético.** Refleja el desarrollo del conocimiento del usuario, de lo específico a lo general. El uso práctico de este modelo ha sido limitado.

2. Intereses

Es una característica muy útil para la recuperación de información y los sistemas de filtrado adaptativo que se ocupan de grandes volúmenes de información [4] [12].

Los enfoques para representar el interés del usuario son:

(a) Aproximación a nivel de palabras claves, usada por casi todos los sistemas adaptativos de recuperación y filtrado de información. Se representan los intereses como un vector de palabras claves. Son útiles para corpus abiertos.

(b) Aproximación a nivel de conceptos, donde los intereses son representados como una superposición en el modelo del dominio. Es similar al enfoque de modelado del conocimiento por superposición. Permite modelar diferentes aspectos de los intereses del usuario y permite una representación más exacta del interés. Este modelo puede separar los intereses en temas distintos, por ejemplo, en un sistema de personalización de noticias, se pueden modelar intereses de los usuarios en deportes, actualidad, etc. En este tipo de modelos son muy importantes los vínculos semánticos. Son útiles para corpus cerrados.

3. Objetivos y Tareas

Los objetivos del usuario y las tareas representan el propósito inmediato del trabajo del usuario. Por ejemplo, dependiendo del tipo de sistema, puede ser una necesidad inmediata de información (sistema de acceso a información) o un objetivo de aprendizaje (en un sistema educativo).

El objetivo es la característica del usuario más cambiante, puede cambiar de una sesión a otra o varias veces en una sola sesión. Para modelar los objetivos en sistemas adaptativos existen dos enfoques:

(a) *Catálogo de metas*, similar a la modelización por superposición del conocimiento. El núcleo de este enfoque es un catálogo predefinido de posibles objetivos del usuario o tareas que el sistema puede reconocer. Con frecuencia este catálogo no es más que un conjunto de objetivos independientes.

(b) *Jerarquía de metas*, los objetivos de alto nivel se descomponen progresivamente en subobjetivos, formados por metas más a corto plazo. Se asume un objetivo en cada nivel de la jerarquía, y el trabajo consiste en reconocerlo y marcarlo como objetivo actual para disparar reglas de adaptación.

4. Background

El *background* del usuario es un conjunto de características relacionadas con sus experiencias previas. Puede ser la profesión del usuario, sus responsabilidades, o sus experiencias de trabajo en áreas relacionadas.

La información de background se usa frecuentemente para la adaptación de contenidos en búsqueda adaptativa y soporte adaptativo a la navegación.

Por su naturaleza, el background del usuario normalmente cambia durante el trabajo con el sistema, y no es posible

deducirlo por simple observación, por tanto debe ser provisto explícitamente por el usuario.

5. Rasgos individuales

Son las características que en conjunto definen al usuario como un individuo. Por ejemplo los rasgos de personalidad (introvertido/extrovertido), estilos cognitivos (holista/serialista), factores cognitivos (capacidad de memoria de trabajo) y estilos de aprendizaje [4].

Al igual que el background del usuario, los rasgos individuales son características estables que, o bien no se pueden cambiar en absoluto, o se pueden cambiar después de un largo período de tiempo. A diferencia del background del usuario, los rasgos individuales tradicionalmente no se extraen de una simple entrevista, es necesario diseñar tests psicológicos. Muchos investigadores coinciden en la importancia de modelar los rasgos individuales y usarlos para la adaptación [4].

El modelado se centra principalmente en dos grupos de características:

(a) Estilos cognitivos

El estilo cognitivo es el enfoque preferido de los investigadores para la organización y representación de la información en la personalización web y campos relacionados.

Los diferentes estilos cognitivos son: dependiente/independiente, impulsivo/reflexivo, conceptual/inferencial, temático/relacional, analítico/global. Los más populares entre los investigadores de la hipermedia adaptativa son los estilos dependiente/independiente de campo y holista/serialista [19].

Por su naturaleza, el estilo cognitivo influye en la capacidad de los seres humanos para tener acceso a la información según su organización y en el modo de navegación a través de ella.

(b) Estilos de aprendizaje

Los estilos de aprendizaje se definen como la forma en que la gente prefiere aprender. Aún no está claro qué aspectos del estilo de aprendizaje vale la pena modelar, y qué se puede hacer de manera diferente para los usuarios con diferentes estilos de aprendizaje. La mayor parte del trabajo en la adaptación para el aprendizaje explora la adaptación de contenidos, tratando de relacionar a los usuarios que tienen un estilo específico de aprendizaje, con contenidos adecuados al estilo [19].

6. Estado afectivo

Puede ser utilizado para registrar la motivación del usuario, frustración, o compromiso. Se pueden tomar datos del registro de interacción del usuario desde sensores. A diferencia de los rasgos individuales, el estado afectivo es variable en el tiempo.

4.2 Contexto de trabajo del usuario

Modelar el contexto es conceptualmente diferente a modelar las características del usuario. Parte de la información representada en el modelo de contexto no puede considerarse información sobre el usuario en sentido puro.

Sin embargo, modelar el contexto y modelar el usuario están estrechamente interconectados, ya que muchos modelos del usuario incluyen características contextuales.

Desde la óptica de los sistemas web se han explorado principalmente problemas de adaptación a la plataforma, ya que los usuarios de una misma aplicación pueden usar diferentes equipos en momentos diferentes.

1. La mayor parte del trabajo se centró en la adaptación al tamaño de la pantalla, y la generación de páginas adaptables tanto para aplicaciones de escritorio como móviles.
2. Otra corriente se centró en la adaptación de la presentación de medios, para una combinación de hardware, software y ancho de banda dada.
- 3.

Desde la perspectiva de los sistemas móviles y ubicuos los investigadores analizaron otras dimensiones como la ubicación del usuario, el entorno físico, la dimensión humana, o el estado afectivo [17].

1. *Ubicación del usuario.* Los sistemas móviles adaptativos al contexto naturalmente se centran en la adaptación a la ubicación del usuario.

El modelado y el uso de la ubicación es ligeramente diferente de otros contextos.

La ubicación generalmente no es usada para disparar reglas de adaptación, pero sí para determinar subconjuntos de objetos cercanos de interés. Este subconjunto es lo que se considera que debe ser presentado o recomendado al usuario. Ejemplos son las guías de museo, guías turísticas, o sistemas de información marina.

Cabe destacar también que las técnicas de adaptación pueden tener en cuenta no sólo la ubicación del usuario, sino también la dirección de la vista y los movimientos realizados.

2. *El entorno físico.* Incluye los aspectos espaciotemporales y las condiciones físicas (luz, temperatura, presión, etc.)

3. *Dimensión humana.* Incluye: (a) el contexto social, o (b) las tareas del usuario.

4.3 El problema de la inicialización del modelo de usuario

Los sistemas adaptables al usuario requieren inicializar su modelo de usuario al momento de arranque del sistema. Los sistemas adaptativos clásicos se basaban en modelos de usuario que partían del “arranque en frío” y se construían por

sí mismos. Actualmente las nuevas fuentes para el arranque de los sistemas adaptativos son los servicios web sociales [22].

Los servicios web sociales permiten que sus usuarios se interrelacionen para comunicarse (en línea o fuera de línea), compartir todo tipo de contenido (escrito, visual, audio), colaborar y vincularse (a grupos, individuos y causas).

En algunos sistemas los usuarios definen sus intereses de forma explícita como un conjunto de características (Facebook, LinkedIn), en otros lo hacen implícitamente y en texto plano (Twitter, Blogger), en otros mediante imágenes (Flickr).

Hoy en día se puede resolver el problema del arranque en frío mediante la información pública disponible en la web social. Ciertos estudios [22] muestran cómo los datos sociales fueron capturados usando ontologías mediante técnicas de aprendizaje automático. Utilizando las APIs de Facebook, Amazon [21], eBay y Google Open Social, se aprovecharon datos sociales con fines específicos de modelado de usuario y aprendizaje personalizado.

La Figura 6 muestra cómo los principales enfoques propuestos para el desarrollo de sistemas recomendadores (un tipo de sistemas adaptativos) pueden hacer uso de la información proporcionada por los servicios web sociales.

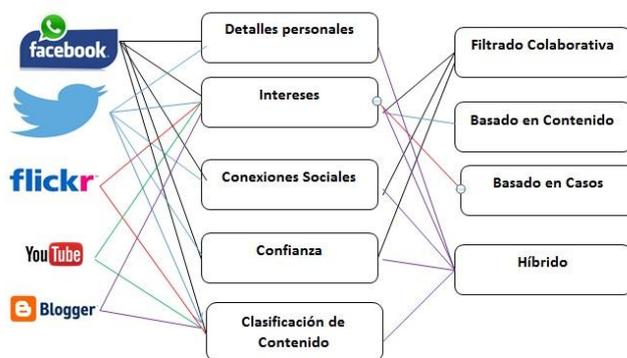


Figura 6. Mapeando los servicios sociales web y sus posibles contribuciones a los modelos de usuario de los recomendadores clásicos. (Adaptado de [22])

5. ANÁLISIS DE PROYECTOS DE REALIDAD AUMENTADA ADAPTATIVA

- **Realidad Aumentada adaptativa al usuario [16].** Es un sistema de realidad aumentada que permite adaptar el contenido con el que se aumenta la realidad teniendo en cuenta las preferencias más recientes y el contexto del usuario.

El sistema propuesto tiene algo de similitud con sistemas de AR como Layar y Wikitude, sólo que en lugar de tomar como entrada la ubicación y el objeto observado por el usuario, considera también los intereses del usuario

en forma contextual, por tanto en lugar de ser un sistema AR pasa a ser un sistema A2R.

El sistema adquiere información de la ubicación del usuario, y de su actividad a partir de sensores móviles y la analiza en un componente llamado "Razonador de contexto". A partir de lo cual se infieren las preferencias del usuario a través de redes neuronales artificiales (ANN), gestionando el contexto actual y usando un histórico de reacciones; esto se hace en el componente "Gestor de preferencias del usuario". A partir de este histórico de preferencias el componente "Adaptador de contenido" selecciona los contenidos relevantes y mediante el "Procesador de contenidos" presenta contenidos aumentados.

Este proyecto muestra la importancia del contexto del usuario, el cual se centra en la ubicación y en la actividad del usuario sobre el dispositivo. Sin embargo no se describe un modelo de contexto específico.

En cuanto al modelo de usuario, sólo se consideran las preferencias de contenido, las cuales están ligadas al contexto, y se van refinando al solicitar al usuario que escoja si acepta o no determinada información presentada, y en el caso de no escoger asume que el usuario acepta, por tanto es parte de sus preferencias.

- **Proyecto ARTSENSE** [8] [24].

ARTSENSE es un proyecto que usa Realidad Aumentada Adaptativa (A2R), relacionado con instituciones que administran la herencia cultural de sus países. El desafío es determinar el interés y el compromiso del visitante mientras contempla una obra de arte, de tal manera que no sólo se aumente la realidad sino que se adapten los contenidos de la guía correspondiente. La esencia del proyecto es una adaptación multimodal. Según se observa en muchas publicaciones, los sistemas de guía, ya sea turística o en museos, frecuentemente aumentan la realidad con datos adicionales, como información, imágenes y otro tipo de datos. El sistema ARTSense es un proyecto Europeo en el que participan algunos países como Reino Unido, España y Francia. El proyecto es muy interesante, a pesar de que consideran solamente unos pocos elementos relacionados con el usuario y su contexto como base para la adaptabilidad. Se toman en cuenta los intereses del usuario en ese momento, señales fisiológicas, y su mirada, además de analizar su entorno y ubicación.

Esta información no se estructura en un modelo de usuario explícito, y además es información volátil, que se centra en un instante de tiempo específico. No se contemplan otras características personales del usuario más permanentes, como su nivel de conocimientos.

Un punto positivo del sistema ARTSense es el manejo de la presentación de la información de manera multimodal.

Además, utiliza elementos ontológicos para la representación de sus datos.

- **Proyecto InSight** [23].

Según Wang, en un futuro no muy lejano los humanos llevarán, además de teléfonos inteligentes, cámaras embebidas en sus gafas, tales como Google Glass. La idea general de Wang es extender la realidad aumentada y el desafío es identificar a personas claves, entre un grupo de personas, desde cualquier ángulo que se vea, aun cuando sus rostros no sean visibles. Wang explica que el rostro necesariamente es la única huella visual de un individuo.

Características tales como la combinación de colores de ropa, estructura corporal y patrones de movimiento, pueden ser potencialmente usados como identificadores para muchos escenarios prácticos.

El reto propuesto por este sistema es resolver ambigüedades para personas vestidas de igual forma, cual se resuelve analizando los vectores de desplazamiento.

El proyecto InSight es muy interesante, ya que considera nuevos elementos contextuales para la adaptabilidad en sistemas A2R, tales como la combinación de colores de ropa (éste es el mayor reto del proyecto), estructura corporal y patrones de movimiento para la localización de personas dentro del contexto físico que rodea al usuario.

- **Aprendizaje colaborativo** [6].

El objetivo es proporcionar aprendizaje personalizado, basado en los intereses del estudiante, y apoyo al aprendizaje colaborativo, creando una red social con los estudiantes que comparten los mismos intereses de aprendizaje, tipos de aprendizaje y ubicación.

Los elementos considerados en el modelo semántico de usuario son: las historias de aprendizaje, conocimientos previos, objetivos de aprendizaje y nivel de aprendizaje. Lo más novedoso, sin embargo, es la creación de una red social adaptativa, la cual se construye considerando los intereses comunes de aprendizaje y la cercanía geográfica.

- **Asistencia a Personas con problemas cognitivos leves** [10].

Es un proyecto A2R basado en tecnología móvil. El objetivo es proporcionar navegación amigable a personas con leve deficiencia cognitiva, pudiendo considerarse entre ellos a personas de edad avanzada que podrían sufrir desorientación. El sistema apoya a este tipo de personas de la siguiente manera:

- Ayuda a encontrar la ruta más idónea para llegar a un destino requerido por un usuario orientándolo de forma particularizada.

- Incorpora una aplicación de agenda para recordar al usuario tareas previamente registradas por él mismo o

por sus parientes o amigos. El sistema se basa en esta información para determinar el punto destino de una ruta y guiar al usuario al lugar donde debe realizar sus actividades.

– El sistema puede activar alarmas cuando se detecta que el usuario está en riesgo de perderse, o el mismo usuario podría activar una alarma cuando se siente desorientado. El sistema llama a una persona a cargo y envía un mensaje a todos los familiares. Cuando el usuario se desorienta, recalcula una nueva ruta con una sucesión de puntos geográficos.

– El sistema permite a otros usuarios y amigos supervisar las actividades del usuario, registrar tareas y puntos de interés.

Para cumplir con lo expuesto el sistema requiere identificar las siguientes entidades:

1. Puntos de interés.
2. Tareas.
3. Contactos.

Las entidades en el modelo se representan en un mapa mediante una interfaz de realidad aumentada. La ubicación física de cada entidad se representa mediante las coordenadas de latitud geográfica, longitud y altitud. Los puntos de interés se especifican directamente, las tareas se marcan por el lugar donde se realiza, los contactos se definen por su ubicación.

Las métricas para decidir una ruta idónea son:

1. Mantener al usuario en el área que se espera que se mueva (se traza un radio de desplazamiento), de esta manera es más difícil que se pierda.
2. Lograr una ruta familiar tal que pueda orientarse con la mayor cantidad de puntos conocidos.
3. Lograr la distancia más corta teniendo en cuenta los criterios anteriores.

Además de proponer la ruta idónea, un aporte social del proyecto es la monitorización, que consiste en que los amigos y familiares comprueban la ubicación actual del usuario.

La información que pueden obtener es:

1. Observar la ubicación actual del usuario.
2. Las rutas que ha seguido.
3. Tareas a realizar.
4. Posición de familiares y amigos y lugares conocidos.

En resumen, es un sistema que constantemente adapta las rutas al contexto del usuario (basado en tareas, puntos conocidos por el usuario), y adapta el tipo de información

proporcionada a familiares y amigos. Este tipo de adaptabilidad es un ejemplo de las múltiples aplicaciones que pueden darse con A2R.

• **Navegadores A2R [13].**

Langlotz crea un navegador experimental, mediante el cual se prueban los diferentes desafíos propuestos para los nuevos navegadores A2R, con el fin de demostrar cómo estos navegadores se adaptarían al mundo real y sustituir a los actuales AR browsers. Se sugiere que estos nuevos browsers deben integrar información de las redes sociales para enriquecer la información presentada e integrar variados medios digitales en el mundo físico.

La tecnología móvil a la cual se incorporarían estos navegadores no solo serán los teléfonos inteligentes, sino también según el autor, las google glass, por lo que se requiere analizar muy bien nuevas formas de presentación de información, de manera que ayude al usuario y no lo interrumpa. Se identifican debilidades en los navegadores AR actuales, éstas son:

- Imprecisión del registro de la posición.
- Insuficiente calidad y cantidad de contenido.
- Arquitectura de software inflexible y propietario.
- Pobre usabilidad en la presentación de la información.

Para resolver estas debilidades proponen para el navegador A2R los siguientes desafíos:

- Registro
 - Un registro preciso y global. Actualmente no existe exactitud, además existen variedad de técnicas de registros.
 - Un registro perfecto. Los métodos de registro deben tener problemas cuando se mueve outdoor o indoor.

– Contenido

- Densidad de contenido. Contar siempre con contenido suficiente para filtrarlo y presentarlo.
- Diferentes tipos de contenido. Considera muchos tipos de presentación de información, no solo texto.
- Integración perfecta de contenidos. Tanto espacial como perceptiva.

– Interfaz de Usuario

- Adaptabilidad. El interés de este análisis es justamente la adaptabilidad y se propone que el browser debe adaptarse a los constantes cambios del mundo real. Además debe adaptar la presentación de información considerando, por ejemplo, el contraste según sean los días sean soleados, nublados outdoor, indoor.

• **Contextos Ontológicos en la A2R [11].**

Para Hervás, el escenario ideal, lejano a la realidad es que todos los usuarios reciban exactamente la información que necesitan, en cualquier momento, a través de su interacción con una interfaz AR. Exactamente esto es lo que se pretende con los sistemas A2R.

El objetivo es generar aplicaciones sensibles al contexto del usuario. Hervás genera una propuesta para desarrollar sistemas adaptativos al usuario basados en web semántica y ontologías, que ofrecen mecanismos para el manejo de información contextual, técnicas de razonamiento e interfaces adaptables al usuario. Asimismo, esta propuesta la aplican sobre escenarios, cuyos resultados se muestran exitosos. Para el primer escenario se encuentran los siguientes ejemplos de aplicaciones:

- El primero aborda la búsqueda de un determinado recurso indoor. Por ejemplo, en una oficina donde existen algunas impresoras, si selecciona una determinada área, puede determinar que personas y en qué lugar tienen impresoras disponibles. Un criterio de distancia entre el usuario y las impresoras determinan qué elementos deben mostrarse.

- El segundo ejemplo es una aplicación para recuperar documentos relevantes desde una librería o archivo. El modelo de contexto ayuda a determinar qué documentos podrían ser desplegados basados en los intereses del usuario. Se utilizan reglas de comportamiento SWRL (semantic web rule language).

También muestran un escenario de ambiente asistido, para personas mayores que viven solas en casa y necesitan apoyo en sus actividades diarias, de tal manera que se favorece su autonomía, aumenta su calidad de vida y facilita sus actividades diarias, en este tipo de sistemas la usabilidad es crucial.

Para el segundo escenario, se presentan varios ejemplos de aplicaciones, en los que se crean reglas semánticas para adaptar la información mediante una interfaz de realidad aumentada.

- En el primer ejemplo se trata de ayudar en el desempeño de las actividades diarias, tales como encender la lavadora o el microondas.

- En el segundo ejemplo se proporciona información sobre qué cocinar y muestra la receta. En este caso, el sistema elige entre varias recetas dependiendo de las señales actuales biométricas del usuario.

- En el tercer ejemplo la aplicación infiere que el usuario necesita medicamentos, la aplicación detecta cuándo el usuario requiere solicitar medicamentos y cuándo necesita actualizar el calendario de una cita médica.

Su modelo ontológico es descrito en el lenguaje OWL (Web Ontology Language), y describe cuatro elementos taxonómicos:

- Ontología del usuario, referencia a un modelo de usuario en el que representa características personales del usuario, lo que el usuario realizará y lo que está haciendo, además de relaciones sociales.

- Ontología del dispositivo, descripción formal de los dispositivos pertinentes y sus características.

- Ontología del ambiente físico, distribución espacial, modelos de objetos y sus relaciones físicas.

- Ontología del servicio, especifica el modelo de contexto de las aplicaciones y servicios específicos que se ofrecen a los usuarios, con una interfaz de AR.

Las técnicas de razonamiento permiten:

- Reducir la ambigüedad en la información del contexto, para lograr calidad de la información.

- Determinar qué información debe ser mostrada al usuario basada en los datos explícitos sobre la situación del usuario o sus preferencias.

- También de manera proactiva inferir información a través de técnicas de razonamiento.

La utilización de representaciones ontológicas, muestra una alternativa de representación de información contextual y del usuario en un entorno A2R, que permite que se pueda responder a los intereses del usuario mediante una lógica basada en reglas.

6. CONCLUSIONES

- Con esta investigación previa, se muestra que la A2R requiere propuestas específicas respecto a las características del usuario y del contexto que son relevantes para que los sistemas se adapten a las necesidades del usuario en tiempo real.

- De lo analizado puede verse que para sistemas de A2R móviles y ubicuos el contexto es esencial, y la ubicación del usuario se ha constituido como el elemento fundamental en torno al cual gira la adaptación; sin embargo no deben dejarse de lado las posibilidades de adaptación que derivan de las características del usuario como individuo. La A2R, en la actualidad, no tiene propuestas formales específicas respecto a modelos de usuario y contexto, de manera que se hace

imprescindible proponer cómo modelar y qué elementos serán útiles.

- Por otro lado, se hace también necesaria una caracterización formal respecto a qué elementos de la A2R son susceptibles de ser adaptados, desde por ejemplo los colores con que se visualizan las imágenes aumentadas para usuarios daltónicos, hasta los servicios que puedan ofrecerse o no al usuario en cada momento.
- De cara a abordar los objetivos planteados en este apartado, es importante no comenzar desde cero, sino tomar como punto de partida el avance existente en la adaptabilidad web, y ajustar sus propuestas al concepto de Realidad Aumentada. Este documento es un primer paso en esta línea.

7. RECONOCIMIENTO

Este trabajo de investigación ha sido realizado por MaritzoI Tenemaza como parte de los requisitos para la obtención del título de Máster en Software y Sistemas por la Universidad Politécnica de Madrid, bajo la dirección de los doctores Jaime Ramírez y Angélica de Antonio.

REFERENCIAS

- [1] Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385.
- [2] Benyon, D. (1993). Adaptive systems: a solution to usability problems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3(1), 65-87.
- [3] Boyle, C., and Encarnacion, A. O. (1994). MetaDoc: An adaptive hypertext reading system. *User Modeling and User-Adapted Interaction*.
- [4] Brusilovsky, P. (2001). Adaptive hypermedia. *User modeling and user-adapted interaction*, 11(1-2), 87-110.
- [5] Brusilovsky, P., and Millán, E. (2007, January). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. In *The adaptive web* (pp. 3-53). Springer-Verlag.
- [6] Choi, S. Y., and Kang, J. M. (2012). An Adaptive System Supporting Collaborative Learning Based on Location-Based Social Network and Semantic User Modeling. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2012.
- [7] Chung, W., and Paynter, J. (2002, January). Privacy issues on the Internet. In *System Sciences, 2002.HICSS. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on* (9- pp). IEEE.
- [8] Damala, A., Stojanovic, N., Schuchert, T., Moragues, J., Cabrera, A., and Gilleade, K. (2012). Adaptive augmented reality for cultural heritage: ARTSENSE project. In *Progress in Cultural Heritage Preservation* (pp. 746-755). Springer Berlin Heidelberg.
- [9] Heufemann, P. L., Villegas, J. G., and Ko, I. Y. (2013). Web Usage Based Adaptive Systems. In *Advanced Techniques in Web Intelligence-2* (pp. 127-148). Springer Berlin Heidelberg.
- [10] Hervás, R., Bravo, J., and Fontecha, J. (2014). An assistive navigation system based on augmented reality and context awareness for people with mild cognitive impairments.
- [11] Hervás, R., Bravo, J., Fontecha, J., and Villarreal, V. (2013). Achieving Adaptive Augmented Reality through Ontological Context-Awareness applied to AAL Scenarios. *J. UCS*, 19(9), 1334-1349.
- [12] Kobsa, A. (2001). Generic user modeling systems. *User modeling and user-adapted interaction*, 11(1-2), 49-63.
- [13] Langlotz, T., Nguyen, T., Schmalstieg, D., and Grasset, R. (2014). Next-Generation Augmented Reality Browsers: Rich, Seamless, and Adaptive. *Proceedings of the IEEE*, 102(2), 155-169.
- [14] Martins, A. C., Faria, L., De Carvalho, C. V., and Carrapatoso, E. (2008). User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems (pp. 194-207). *Journal of Educational Technology & Society*, 11(1).
- [15] Neuhöfer, J. A., Govaers, F., Mokni, H. E., and Alexander, T. (2012). Adaptive information design for outdoor augmented reality. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41, 2187-2194.
- [16] Oh, S., and Byun, Y. C. (2012). A user-adaptive augmented reality system in mobile computing environment. In *Software and network engineering* (pp. 41-53). Springer Berlin Heidelberg.
- [17] Pascoe, J. (1998, October). Adding generic contextual capabilities to wearable computers. In *Wearable Computers, 1998. Digest of Papers. Second International Symposium on* (pp. 92-99). IEEE.
- [18] Ozcan, R., Orhan, F., Demirci, M. F., and Abul, O. (2012). An Adaptive Smoothing Method for Sensor Noise in Augmented Reality Applications on Smartphones. In *Mobile Wireless Middleware, Operating Systems, and Applications* (pp. 209-218). Springer Berlin Heidelberg.
- [19] Popescu, E., Badica, C., and Trigano, P. (2007, September). Rules for Learner Modeling and Adaptation Provisioning in an Educational Hypermedia System. In *synasc* (pp. 492-499).
- [20] Roggen, D., Tröster, G., Lukowicz, P., Ferscha, L., del Millan, J., and Chavarriaga, R. (2013). Opportunistic human activity and context recognition. *Computer*, 46(2), 36-45.
- [21] Sugiyama, K., Hatano, K., and Yoshikawa, M. (2004, May). Adaptive web search based on user profile constructed without any effort from users. In *Proceedings of the 13th international conference on World Wide Web* (pp. 675-684). ACM.
- [22] Tiroshi, A., Kuflik, T., Kay, J., and Kummerfeld, B. (2012). Recommender systems and the social web. In *Advances in User Modeling* (pp. 60-70). Springer Berlin Heidelberg.
- [23] Wang, H., Bao, X., Choudhury, R. R., and Nelakuditi, S. (2013, February). InSight: recognizing humans without face recognition. In *Proceedings of the 14th Workshop on Mobile Computing Systems and Applications* (p. 7). ACM.
- [24] Xu, Y., Stojanovic, N., Stojanovic, L., Cabrera, A., and Schuchert, T. (2012, July). An approach for using complex event processing for adaptive augmented reality in cultural heritage domain: experience report. In *Proceedings of the 6th ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems* (pp. 139-148). ACM.
- [25] Zimmermann, A., Specht, M., and Lorenz, A. (2005). Personalization and context management. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 15(3-4), 275-302.