

RACMA o cómo dar vida a un mapa mudo en el Museo de América

Marta Caro-Martínez, David Hernando-Hernández,
Guillermo Jiménez-Díaz

Dept. Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial
Universidad Complutense de Madrid
{martcaro,davihern,gjimenez}@ucm.es

Resumen La Realidad Aumentada es una tecnología que permite aumentar el mundo real que percibimos con elementos virtuales interactivos. En este artículo describimos el uso de esta tecnología en el Museo de América de Madrid, sobre un mapa mudo del continente americano en el que, gracias a la Realidad Aumentada creamos personajes que dan vida al mapa y proporcionan información sobre las culturas presentes en el museo.

Keywords: Realidad Aumentada, Museos, Unity3D, Vuforia

1. Introducción

La Realidad Aumentada es una tecnología que combina la visualización del mundo real con elementos virtuales interactivos en tiempo real. Aunque hace unos años esta tecnología era costosa y necesitaba de una gran inversión en dispositivos que diesen soporte a la misma, a día de hoy está al alcance de la mano de cualquier persona que tenga un dispositivo móvil de última generación (smartphone o tablet).

La Realidad Aumentada está siendo introducida en los museos como un medio innovador de dinamización y que facilita la inclusión de nuevos contenidos sin necesidad de tener que introducir nuevos elementos físicos en él. La Realidad Aumentada proporciona una componente interactiva muy novedosa, una nueva forma de involucrar a los turistas y visitantes de un museo con los contenidos del mismo, lo cual añade nuevo valor a nuestro patrimonio cultural turístico.

En este artículo detallamos el desarrollo de la aplicación RACMA, destinada a añadir contenidos a un mapa mudo del continente americano que se encuentra en el Museo de América de Madrid. La aplicación incluye también una experiencia aumentada en casa, de modo que los contenidos del museo también pueden ser visitados fuera de él. En la siguiente sección realizamos una introducción a la Realidad Aumentada y una breve revisión de su uso en museos. Posteriormente describimos cuál es la motivación del Museo en el uso de la Realidad Aumentada (Sección 3) para más adelante describir la solución que proponemos, la aplicación RACMA (Sección 4). El artículo finaliza con detalles del estado actual de la aplicación y el trabajo futuro (Sección 5).

2. Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada es una tecnología basada en el uso de dispositivos tecnológicos para crear una visualización del mundo real en la que se superponen elementos virtuales. Los dispositivos añaden estos elementos en tiempo real, creando de esta forma una visión mixta a través del dispositivo [1]. Para poder saber dónde superponer el contenido virtual se utiliza el reconocimiento de puntos de interés (o *tracking*) para, posteriormente, reconstruir (*reconstruct/recognize*) un sistema de coordenadas en el mundo real, necesario para posicionar los objetos virtuales. Los puntos de interés se pueden identificar mediante marcadores, como imágenes y códigos BIDI o QR, texto, objetos 3D simples como cilindros o cubos, hasta objetos 3D complejos con geometría conocida. Otra alternativa es obviar el uso de marcadores, identificando los puntos de interés por GPS u otros medios de ubicación (como los *beacons*, que usan tecnología Bluetooth y se emplean principalmente dentro de edificios). Una vez identificada la posición del punto de interés se puede hacer uso de sistemas inerciales de movimiento (brújula, acelerómetros, giroscopios...) para actualizar el sistema de coordenadas creado de acuerdo al punto de interés.

Aunque hace unos años los medios necesarios para hacer uso de una experiencia de Realidad Aumentada eran costosos, la realidad actual es completamente diferente gracias a la potencia y características de los dispositivos móviles actuales. Para poder disfrutar de aplicaciones de Realidad Aumentada son necesarios los siguientes elementos:

- Un dispositivo que soporte el software de Realidad Aumentada, que ha de tener los siguientes componentes: (1) Un monitor o pantalla donde se va a proyectar la imagen virtual superpuesta sobre la imagen real; (2) una cámara digital que toma la información del mundo real; (3) un procesador potente para procesar las imágenes captadas por la cámara; y (4) otras características como acelerómetros, GPS, giroscopios, brújula, sensores ópticos, bluetooth, identificación por radio frecuencia (*Radio Frequency Identification* o RFID), etc.
- Opcionalmente, marcadores que el software de Realidad Aumentada va a interpretar para ubicar una referencia en el mundo real.
- El software de Realidad Aumentada en sí mismo, responsable de interpretar los datos de ubicación en el mundo real y los movimientos del dispositivo para proyectar un conjunto de elementos virtuales en la pantalla del dispositivo.

Aunque los sistemas de reconocimiento y seguimiento de los elementos del mundo real pueden parecer complicados, en la actualidad existen múltiples librerías y kits de desarrollo que ayudan a la implementación de este tipo de aplicaciones [2]. ARToolkit¹ fue probablemente una de las pioneras en dar soporte al desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada y es de código abierto. Wikitude² es otra de las más conocidas y, entre otras características, dispone de

¹ ARToolkit: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

² Wikitude: <https://www.wikitude.com/>

una aplicación (Wikitude Studio) que facilita la creación de sistemas de Realidad Aumentada sencillas sin necesidad de tener muchos conocimientos de programación. Layar³ y Junaio⁴ también están pensadas para poder desarrollar sencillas aplicaciones de Realidad Aumentada sin necesidad de tener que programar. Esta última es un servicio proporcionado por Metaio SDK⁵, un framework que permite crear aplicaciones de Realidad Aumentada en múltiples dispositivos (Android, iOS, Windows Phone) y que, además, da soporte para el desarrollo de aplicaciones con Unity3D⁶, uno de los motores de juegos más utilizados en la actualidad. Para este motor de juegos también está la librería Vuforia⁷, la cual hemos usado para el desarrollo de la aplicación descrita en este artículo.

2.1. Realidad Aumentada y Museos

Son muchos los diferentes usos de la Realidad Aumentada –marketing y publicidad, educación, aplicaciones médicas, entretenimiento, turismo...[1]. Nuestro interés se ha centrado principalmente en el ámbito del patrimonio cultural y su uso en museos ya que es ahí donde nos ha surgido la necesidad de aplicarla. La Realidad Aumentada aplicada sobre los contenidos de los museos es un medio innovador de dinamización y con un gran potencial ya que permite atraer a nuevas audiencias más familiarizadas con estas tecnologías, aumentar la información que el museo proporciona a los visitantes sin necesidad de modificar el museo en sí mismo y mejorar la experiencia de usuario, tanto dentro como fuera del museo. La Realidad Aumentada proporciona, además, una componente interactiva muy novedosa, una nueva forma de involucrar a los turistas y visitantes de un museo con los contenidos del mismo, lo cual añade nuevo valor al patrimonio cultural turístico [3].

En España, museos como el Thyssen-Bornemisza o monumentos como la Alhambra de Granada ya disponen de aplicaciones lúdicas de Realidad Aumentada para de involucrar al público más joven en la visita turística [4].

Aunque existen más usos de la Realidad Aumentada en los museos [5] destacamos los siguientes:

- Guías del museo: Algunos museos como el Louvre han creado aplicaciones para guiar a los visitantes por distintas rutas dentro del museo [6]. Algunas de estas guías no solo presentan información adicional al visitante sino que también cuentan con actividades lúdicas [7]. Algunos proyectos como ARtSENSE van un paso más allá, adaptando los contenidos de la aplicación a los intereses del visitante [8].
- Reconstrucción de patrimonio cultural. La Realidad Aumentada permite visualizar aquello que está oculto o que ya no existe. Por ejemplo, The Augmented Painting es una aplicación que muestra las imágenes espectrales (rayos

³ Layar: <https://www.layar.com/>

⁴ Junaio: <http://www.junaio.es/>

⁵ Metaio SDK: <http://www.es.metaio.com/>

⁶ Unity3D: <http://unity3d.com/>

⁷ Vuforia: <https://developer.vuforia.com/>

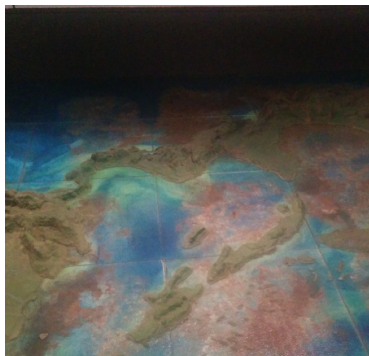


Figura 1. Mapa mudo del continente americano en el Museo de América

X, infrarrojos, etc.) del cuadro *La habitación de Van Gogh* sobre el propio cuadro [9]. Por otro lado, *Archeoguide* es otra aplicación que permite ver *in situ* reconstrucciones de algunos monumentos griegos [10].

Tal y como veremos más adelante, RACMA se puede considerar un híbrido entre estos dos tipos de usos, ya que servirá como guía del museo a la vez que muestra información que actualmente es invisible a los ojos de los visitantes.

3. Motivación y Descripción del problema

El Museo de América de Madrid reúne una gran colección de arqueología y etnología americana. Dentro del museo hay un gran mapa mudo del continente americano que no transmite nada a la mayoría de visitantes ya que éstos pasan de largo sin pararse ni siquiera a mirarlo (Figura 1). El mapa se encuentra al principio del museo por lo que se desea darle una utilidad real, haciendo que en él se pueda ver y consultar información sobre las principales culturas que están representadas en el museo.

El mapa, de aproximadamente 16 metros de largo por 6 metros de ancho, se encuentra en el suelo de una sala del museo. Los visitantes pasan sobre una pasarela que está a 1 metro por encima del nivel del suelo. En la Figura 2 se muestra un esquema de ubicación del mapa. Este esquema da una idea de las distancias con las que se tiene que trabajar, lo que ha supuesto uno de los principales problemas con los que nos hemos encontrado durante el desarrollo de la aplicación, tal y como describiremos más adelante.

El museo deseaba mostrar información sobre las áreas culturales de América y las culturas expuestas en el museo pero no estaba dispuesto a añadir elementos físicos que modificasen el mapa. Además, la información a incluir era bastante extensa. Así mismo, el museo quería que esa información no se quedase solo dentro del propio museo sino que fuese accesible desde fuera de él. Por este motivo, la idea del uso de la Realidad Aumentada para añadir la información sobre los

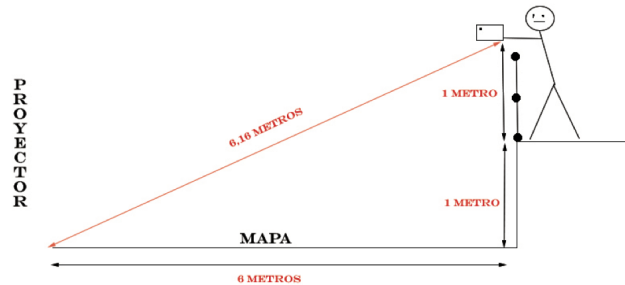


Figura 2. Esquema de la ubicación del mapa en la sala del Museo de América

contenidos del museo sobre el mapa del continente americano se convirtió en una propuesta prometedora para el museo.

4. RACMA: Realidad Aumentada de las Culturas del Museo de América

Para resolver el problema presentado se ha diseñado RACMA (**R**ealidad **A**umentada de las **C**ulturas del **M**useo de **A**mérica), una aplicación de Realidad Aumentada para dispositivos móviles que se puede utilizar tanto dentro como fuera del museo para dar vida a un mapa mudo del continente americano, proporcionando información sobre las distintas áreas culturales y culturas expuestas en el museo. Para ello se ha optado por poblar el mapa con personajes que representan cada una de las culturas. Al interactuar con estos personajes accederemos a la información relacionada con las áreas culturales que representan. RACMA es un híbrido entre los dos usos destacados de la Realidad Aumentada (vistos en la Sección 2.1), ya que hace visible lo invisible del mapa, a la vez que hace de guía del museo para sus visitantes. A continuación se detalla con más profundidad el funcionamiento de la aplicación y la tecnología empleada.

4.1. Descripción general

La aplicación desarrollada se puede utilizar tanto dentro como fuera del museo⁸. Dentro de la aplicación se han identificado ambos modos de funcionamiento como “Realidad Aumentada en el Museo de América” y “Realidad Aumentada

⁸ Se pueden ver algunos prototipos en funcionamiento de la aplicación en esta lista de vídeos en Youtube: <https://goo.gl/L01CY1>

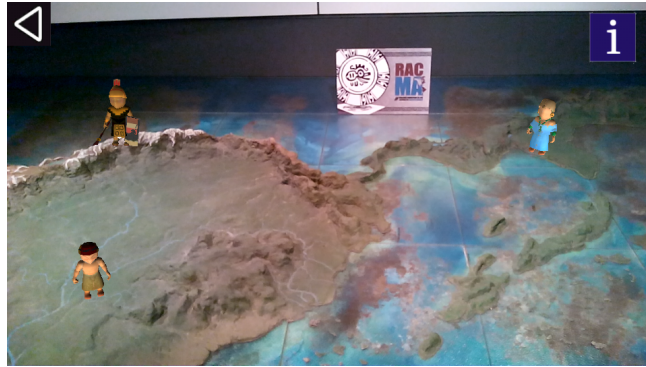


Figura 3. Aspecto de RACMA cuando se usa como “Realidad Aumentada en el Museo de América”

en casa”, respectivamente. En ambos casos su uso es similar y se desarrolla en tres fases:

1. Localizar el marcador de la aplicación.
2. Colocar a los personajes dentro del mapa.
3. Interactuar con los personajes para acceder a información.

Durante la primera fase se pide al usuario que localice un marcador, es decir, que enfoque con la cámara del dispositivo en el que se está ejecutando a dicho marcador. Internamente, este marcador servirá como origen de coordenadas para la siguiente fase. Los marcadores dentro y fuera del museo son distintos. Dentro del museo se barajaron diferentes opciones, como colocar imágenes o códigos QR sobre el mapa, cubos o dejar un dispositivo móvil fijo en un soporte en la sala del mapa. Finalmente se decidió colocar una imagen de tamaño DIN A2 con el logotipo de la aplicación en la pared que hay a la espalda del mapa (como aparece en la Figura 3). El tamaño y la ubicación del marcador fueron uno de los mayores problemas encontrados durante el desarrollo de la aplicación, debido a la gran distancia (aproximadamente 6 metros) hasta el marcador y la baja iluminación de la sala del museo en la que se encuentra el mapa.

Cuando la aplicación se utiliza fuera de casa el marcador empleado es un mapa esquemático del continente americano que el usuario puede imprimir para usar con la aplicación (ver Figura 4).

Una vez que se ha localizado el marcador, la aplicación coloca a los personajes en su ubicación inicial dentro del mapa. El marcador sirve como origen de coordenadas para colocar a los personajes, de modo que cada uno de ellos se ubica en el área que le corresponde dentro del mapa. Se han desarrollado cuatro áreas culturales con sendas culturas:

- Área cultural Costa Noroeste, representada por la cultura Tlingit.
- Área cultural Mesoamérica, representada por la cultura Maya.
- Área cultural Andina, representada por la cultura Inca.



Figura 4. Aspecto de RACMA cuando se usa como “Realidad Aumentada en casa”



Figura 5. Información accesible al interactuar con un personaje: descripción de la cultura o del área cultural y galería de imágenes, con mapa de ubicación de las piezas dentro del museo.

- Área cultural Amazónica, representada por la cultura Shuar.

Cada uno de los personajes tiene un aspecto característico, de modo que sean fácilmente identificables. Estos personajes se mueven dentro de su área cultural para darles más vida y dinamismo. Además, se han colocado otros elementos interaccionables para proporcionar información sobre los contenidos expuestos y la aplicación en sí misma.

Una vez posicionados, el usuario puede interactuar con los personajes pulsando sobre ellos en la pantalla del dispositivo móvil. Esta simple interacción da acceso, primeramente, a la información detallada del área cultural, incluyendo una descripción de la misma y una galería de imágenes de las piezas de este área que se exponen en el museo. Desde aquí también se puede acceder a la información concreta de la cultura representada. Igual que antes se incluye una descripción y una galería de imágenes de las piezas expuestas de esta cultura. Ambas galerías incluyen información sobre la ubicación de las piezas dentro del museo. El aspecto de estas interfaces se puede ver en la Figura 5.

4.2. Tecnología empleada

RACMA ha sido desarrollado íntegramente en Unity3D (v4.6) para dispositivos Android. Para la parte de Realidad Aumentada se ha utilizado la librería Qualcomm Vuforia (v3.0.9) ya que su integración con Unity3D es muy sencilla y rápida. De entre los posibles tipos de marcadores soportados por Vuforia se han empleado los *ImageTarget*, que usan una imagen como marcador. Para poder utilizar este tipo de marcador las imágenes se han tratado con el servicio *Target Manager* de Vuforia, que genera un mapa de características de la imagen para poder reconocerlas fácilmente. A pesar de que Vuforia no acepta cualquier imagen como marcador, las usadas en RACMA no han supuesto ningún problema y el reconocimiento del marcador se realiza de manera rápida.

El desarrollo de la funcionalidad de “Realidad Aumentada en casa” fue bastante rápido. Sin embargo, la funcionalidad de “Realidad Aumentada en el Museo de América” fue más problemática debido a los problemas de distancia e iluminación anteriormente descritos. Además, la ubicación de uno de los personajes quedaba fuera del entorno del marcador, lo que hacía difícil posicionarlo en la aplicación. La gran distancia entre el visitante con el dispositivo móvil en el que se ejecuta la aplicación y la ubicación del marcador hacía que los personajes flotasen sobre el mapa, se moviesen a saltos y perdiesen su ubicación original. Ello nos obligó a utilizar la característica *Extended tracking* de Vuforia: una vez que se localiza el marcador, Vuforia es capaz de inferir su posición gracias a la información del entorno aunque el marcador quede fuera del campo de visión de la cámara del dispositivo, evitando los cambios de posición aleatorios de los personajes y los movimientos a saltos.

De acuerdo a la filosofía de desarrollo en Unity3D, la aplicación se compone de las siguientes escenas:

Menú principal. Esta es la escena inicial y consiste en un simple menú que da acceso a distintas funcionalidades de la aplicación.

Realidad aumentada en el museo y Realidad aumentada en casa. Ambas escenas tienen una estructura similar y son las que hacen uso de los *gameObjects* proporcionados por la librería Vuforia. En ellos se encuentra la cámara de realidad aumentada (*ARCamera*) y una representación del marcador *ImageTarget*. Este objeto es el padre de la escena en la que están colocados los personajes. Inicialmente esta subescena está desactivada, para que cuando se detecte el marcador el marcador se active y aparezcan los personajes sobre el mapa. Cada personaje dispone de un componente genérico responsable de cargar la escena de información asociada al área cultural que el personaje representa, así como un componente que le permite deambular por su área en el mapa.

Área cultural. Se ha creado una escena por cada área cultural. Cada una de estas escenas contiene al personaje representativo de la misma, usado en alguna de las ventanas de información, así como algún otro elemento estético. Además, la cámara tiene un componente genérico que carga y presenta toda la información disponible asociada a un área cultural. Este componente está parametrizado con el nombre del área y de la cultura más destacada en ese

área con el fin de cargar toda la información contenida en la carpeta de recursos asociada y generar las interfaces dinámicamente. Este componente ha sido de gran utilidad ya que ha servido para independizar los contenidos de la aplicación de su presentación y hace que la aplicación sea extensible para la inclusión de nuevas áreas de manera rápida y sencilla.

Información. Esta escena se carga para presentar información superpuesta en las pantallas donde está haciéndose uso de la cámara de realidad aumentada.

La aplicación se ha desarrollado utilizando como entorno de pruebas un móvil Doogee Valencia DG800 con Android 4.4 KitKat. Posteriormente se ha probado con un total de 12 dispositivos Android distintos, como los Samsung Galaxy S4 y S5 y el Nexus 5. No se han detectado problemas en la mayoría de los dispositivos con Android KitKat. Sin embargo, la aplicación no ha funcionado en los dispositivos con Android Lollipop debido a una incompatibilidad con Vuforia. Además, destaca la imposibilidad de utilizar la aplicación en el Nexus 5 dentro del museo. El problema se debe a una incompatibilidad entre Vuforia y la cámara del dispositivo en entornos con baja luminosidad, que hace que la imagen se vea completamente negra y que, por tanto, no sea posible localizar el marcador. Sin embargo sí es posible utilizar la funcionalidad “Realidad Aumentada en casa” en el Nexus 5 siempre y cuando tengamos la iluminación adecuada.

5. Estado actual y trabajo futuro

Tras completar el desarrollo de la aplicación se han comenzado a realizar evaluaciones formales con usuarios. Además de la realización de pruebas de usabilidad de la misma, tanto en su versión “Realidad Aumentada en casa” como en “Realidad Aumentada en el Museo de América” se están estudiando la aceptación de esta tecnología (la Realidad Aumentada) entre los visitantes de los museos teniendo en cuenta sus conocimientos en este tipo de aplicaciones y el rango de edad. Hasta la fecha se han realizado un total de 34 evaluaciones divididos por rangos de edad. Los resultados preliminares son prometedores ya que, en general, a los usuarios les resulta muy fácil de utilizar y les ha gustado la originalidad de la tecnología, el diseño de la aplicación y ver a los personajes en tres dimensiones delante de ellos pudiéndolos tocar casi con la mano. A pesar de esto, algunos usuarios han sugerido añadir información adicional como *billboards* sobre el personaje para identificar mejor las culturas que representan o la inclusión de más personajes. La aplicación ha tenido una amplia aceptación, la descargarían y la recomendarían y a una gran mayoría de los usuarios les gustaría utilizar aplicaciones similares a esta en otros museos.

Actualmente también se ha subido una versión Beta a Google Play para poder realizar una prueba más exhaustiva con otros dispositivos, ya que hemos visto que estamos encontrando problemas dependientes del modelo concreto de dispositivo móvil. Algunos usuarios comentaron también la posibilidad de llevarlo a tablets o a dispositivos iOS por lo que esto serán algunas líneas de desarrollo futuro a estudiar.

Para finalizar, estaríamos interesados en estudiar el impacto de la inclusión de actividades más lúdicas dentro de la aplicación –minijuegos, inclusión de otros personajes con los que jugar dentro del mapa... La aplicación actual es meramente informativa pero pensamos que la inclusión de mecánicas de juegos podrían atraer a usuarios más jóvenes a los museos. Ahora bien, sería necesario estudiar si precisamente esta jugabilidad genera rechazo entre otros tipos de usuarios mayores.

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a Andrés Gutiérrez y Beatriz Robledo, del Museo de América, su ayuda en el desarrollo de los contenidos de la aplicación. También agradecer a Samuel C. Palafox y a Juan Francisco Román su trabajo en el arte 2D y 3D de la aplicación.

Referencias

1. Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., Ivkovic, M.: Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications* **51**(1) (2011) 341–377
2. Amin, D., Govilkar, S.: Comparative Study of Augmented reality SDKs. *International Journal on Computational Sciences and Applications* **5**(1) (2015) 11–26
3. Angelopoulou, A., Economou, D., Bouki, V., Psarrou, A., Jin, L., Pritchard, C., Kolyda, F.: Mobile augmented reality for cultural heritage. In: *Mobile Wireless Middleware, Operating Systems, and Applications*. Springer (2012) 15–22
4. Española, A.C.: Anuario AC/E 2015 de Cultura Digital. Modelos de negocio culturales en Internet. Museos y nuevas tecnologías. (2015)
5. Huang, Y., Jiang, Z., Liu, Y., Wang, Y.: Augmented reality in exhibition and entertainment for the public. In Furht, B., ed.: *Handbook of Augmented Reality*. Springer New York (2011) 707–720
6. Miyashita, T., Meier, P., Tachikawa, T., Orlic, S., Eble, T., Scholz, V., Gapel, A., Gerl, O., Arnaudov, S., Lieberknecht, S.: An augmented reality museum guide. In: *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Washington, USA, IEEE Computer Society (2008)* 103–106
7. Tillon, A., Marchand, E., Laneurit, J., Servant, F., Marchal, I., Houlier, P.: A day at the museum: An augmented fine-art exhibit. In: *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. (Oct 2010) 69–70
8. Damala, A., Stojanovic, N., Schuchert, T., Moragues, J., Cabrera, A., Gilleade, K.: Adaptive augmented reality for cultural heritage: Artsense project. In Ioannides, M., Fritsch, D., Leissner, J., Davies, R., Remondino, F., Caffo, R., eds.: *Progress in Cultural Heritage Preservation*. Volume 7616 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg (2012) 746–755
9. van Eck, W., Kolstee, Y.: The augmented painting: Playful interaction with multi-spectral images. In: *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, IEEE (2012)* 65–69
10. Vlahakis, V., Ioannidis, N., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Stricker, D., Gleue, T., Daehne, P., Almeida, L.: Archeoguide: an augmented reality guide for archaeological sites. *IEEE Computer Graphics and Applications* **22**(5) (2002) 52–60