

Aplicaciones colaborativas con realidad aumentada para dispositivos móviles basados en Android

Joaquín Llanillo Barquet, María Antonieta Abud Figueroa,
Ignacio López Martínez, Celia Romero Torres

División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Orizaba
joaquinllanillo@gmail.com,
{mabud, ilopez, cromero}@ito-depi.edu.mx

Resumen. La realidad aumentada es una tecnología de reciente impacto que consiste en un sistema conformado por cámaras digitales y sensores que superponen contenido digital al mundo físico en tiempo real. Desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada colaborativa es una actividad en aumento, sin embargo no existen arquitecturas de software definidas para este tipo de proyectos. Las aplicaciones colaborativas de realidad aumentada con enfoque educativo son verdaderas herramientas en la interacción Profesor-Alumno ya que permiten compartir un mismo entorno físico y manipular objetos 3D superpuestos al mundo real. En este artículo se propone el desarrollo de una arquitectura base para el desarrollo de aplicaciones colaborativas con realidad aumentada basadas en el Sistema Operativo Android.

Palabras clave: Arquitectura de software, Android, Aplicaciones colaborativas.

1. Introducción

La realidad aumentada consiste en una combinación de tecnologías que permiten mezclar contenido generado por computadora con un entorno visual del mundo real. La realidad aumentada se distingue de la realidad virtual debido a que la realidad virtual emplea de forma completa un entorno y objetos 3D mientras que en la realidad aumentada el entorno es tomado de la realidad y los objetos virtuales son el aporte de la realidad aumentada. La realidad aumentada en la actualidad es una tecnología que tiene aplicación en muchas áreas como lo son el entretenimiento, la arquitectura, la medicina, la educación, por mencionar algunas, incrementando su uso debido a la posibilidad de utilizarlas en dispositivos móviles. *Android* es un Sistema Operativo de uso libre con una plataforma móvil totalmente personalizable; se basa en *Linux* y se encuentra respaldado por una amplia comunidad de desarrolladores dedicados a la creación de aplicaciones que se ejecutan bajo esta plataforma. Por otra parte, las apli-

caciones colaborativas tienen importancia en distintas áreas de la industria y la investigación; muchas empresas reconocen la importancia del trabajo en equipo y día a día buscan facilitar la comunicación entre sus colaboradores por medio de tecnología y aplicaciones de software. La información y el conocimiento son componentes esenciales para establecer relaciones de comunicación. Las aplicaciones colaborativas buscan actividades que se realizan en grupos o equipos de personas y permiten integrar el conocimiento con la tecnología de forma compartida para los usuarios. Estas aplicaciones, a menudo denominadas “*groupware*” emplean técnicas que facilitan el trabajo en grupo debido a que mejoran el rendimiento y tienen la capacidad de realizar actividades a distancia y al mismo tiempo por medio de redes de comunicación. Los roles en las aplicaciones colaborativas no solo representan de forma estática colecciones de usuarios, sino también el dinamismo que ejecuta dichas aplicaciones.

Durante el tiempo de ejecución de una aplicación, los roles reaccionan de forma flexible a la dinámica inherente de forma colaborativa. En la actualidad las aplicaciones colaborativas toman importancia debido a que permiten la interacción de varios usuarios en una misma aplicación en tiempo real, esto en conjunto con tecnologías de realidad aumentada comprende una aplicación interactiva no solo entre varios usuarios sino también entre los mundos real y virtual que intervienen en esta tecnología. Las arquitecturas de software son abstracciones de los componentes que realizan tareas específicas, las interfaces y la comunicación que existe entre ellos, éstas se implementan en dispositivos con arquitecturas de hardware específicas.

Las arquitecturas de software son el resultado de ensamblar los componentes de la aplicación de forma que se logre el objetivo de desarrollar un producto de software que cumpla con todos los requisitos funcionales y no funcionales. La definición de una arquitectura para el desarrollo de estas aplicaciones toma importancia en la necesidad de estandarizar el desarrollo de este tipo de aplicaciones para lograr una eficiente interacción entre diferentes dispositivos móviles con características de hardware diferentes. Este documento presenta una propuesta arquitectónica para el desarrollo de aplicaciones colaborativas con Realidad Aumentada, incluyendo el análisis de las tecnologías propuestas.

2. Trabajos relacionados

Diversos trabajos se han propuesto para el desarrollo de aplicaciones colaborativas con Realidad Aumentada. A continuación se describen los más relevantes.

Construct3D [1] es una aplicación enfocada en la enseñanza de matemáticas y geometría en los niveles medio superior y superior. Brinda un conjunto básico de funciones para la construcción de gráficos primitivos así como diversas operaciones. *Construct3D* emplea la tecnología de Realidad Aumentada. Este proyecto se encuentra basado en la tecnología “*Studierstube*” empleando un dispositivo *HMD* (*Head*

Mounted Display) capaz de superponer imágenes generadas por computadora tomadas del mundo real.

En [2] se presenta un prototipo de realidad aumentada colaborativa para la capacitación en la industria con las siguientes características: a) Información virtual como la anotación de objetos virtuales. b) Espacio de trabajo personalizado. c) Permite a usuarios remotos, compartir el espacio de trabajo de realidad aumentada de un usuario de una computadora portátil, ver lo que él está viendo y observar sus acciones como si los usuarios remotos se encontraran presentes físicamente. d) los usuarios remotos manipulan e interactúan con los objetos virtuales que forman parte del espacio de trabajo de la realidad aumentada como si se tratara de objetos físicos reales. e) Los usuarios realizan conversaciones de audio en tiempo real. Para el manejo de realidad aumentada se emplean marcadores.

En [3], se presenta el sistema *MAGIC*, el cual apoya el trabajo llevado a cabo por los arqueólogos. Los arqueólogos constantemente cambian de lugar, además colaboran con otras personas por lo que *MAGIC* se convierte en un sistema de Realidad Aumentada Colaborativa. Se emplea un *Gateway* (puerta de enlace) entre los dos ambientes. La información del entorno real se transfiere al mundo virtual por medio de la cámara que lleva el usuario. El arqueólogo visualiza los objetos descubiertos y sus especificaciones si éstos se encuentran disponibles y almacenados en la base de datos. El recorrido aumentado es particularmente útil para ver los objetos y conocer a que categoría pertenecen. En [4] se evalúan los diferentes usos que se le dan a la comunicación en un teléfono móvil. La comunicación se ve como una interacción multidimensional reforzada mediante la actividad colectiva. El contexto investigado en este trabajo es la comunicación y la interacción social en una sesión de un juego multijugador para dispositivos móviles. El juego descrito fue un ensayo multi-usuario de código abierto denominado "*First Strike*" desarrollado por *Nokia*. El entorno de juego se compone de un lugar físico de juego, los jugadores con sus teléfonos móviles y una pantalla pública.

En [5] se evalúan cuatro juegos para dispositivos móviles que emplean Realidad Aumentada. Es apropiado considerar la combinación del aprendizaje por medio de juegos de realidad aumentada ya que aprovechan y toman el contexto del mundo real. Con el fin de obtener un mejor contexto de los jugadores, el dispositivo móvil de cada jugador está dotado de un conjunto de sensores tales como *GPS* (Sistema Global de Posicionamiento), *RFID* (Identificador de Frecuencias de Radio), entre otros tales como *Bluetooth*, Infrarrojos y cámara.

En [6] se analiza *FAR-Play*, una plataforma de apoyo para el desarrollo de *AARGs* (*Augmented/Alternate Reality Games*). Requiere instalar dos aplicaciones móviles, el navegador de realidad aumentada *Layar* proporciona el contenido de realidad aumentada para los *AARGs* y el lector de código *QR BeeTagg* para ampliar los juegos a los espacios interiores. El estado del juego se mantiene en un repositorio a través del cual, las *APIs*, el cliente móvil, el mundo virtual y el sitio Web tienen acceso a la información del juego. La comunicación entre las aplicaciones y el motor de juego, se lleva a cabo a través de llamadas mediante *HTTP* a las *API* de *REST*. *Layar* permite dejar la

lógica de juego bajo el control del servidor. Para la localización del jugador dentro de un ambiente determinado se emplea Bee Tagg7, un lector de código QR. La comunicación entre sistemas se realiza a través del intercambio de archivos *JSON* (*JavaScript Object Notation*) tanto para comunicaciones internas como externas.

En [7] se describe el proyecto “*Who do you think you really are?*” (¿Quién crees que eres en realidad?) Del Museo de Historia Natural de Londres; consiste en un sistema para uso de cámaras de estudio de seguimiento y el uso de marcadores por medio de *ARToolKit* para la incorporación de objetos virtuales. proporciona experiencia multisensorial interesante y útil a nivel pedagógico.

En [8] se describe una arquitectura de software basada en componentes que acelera la tarea de desarrollo y despliegue de aplicaciones de colaboración en los dispositivos móviles; esta arquitectura otorga un papel importante a la conectividad entre dispositivos y en la Realidad Aumentada colaborativa. Este proyecto demuestra que es esencial para los desarrolladores concentrarse en aspectos de diseño de alto nivel. El proyecto incluye una biblioteca para proporcionar acceso independiente de la plataforma a los recursos del sistema y simplificar el desarrollo orientado a objetos.

En [9] se describe el proyecto *Studierstube* que implementa una arquitectura de software basada en el patrón arquitectónico *Cliente-Servidor* el cual mantiene una base de datos donde se gestionan los objetos virtuales y los datos de visualización. Los usuarios se conectan al entorno del servidor a través de una red por medio del software del *cliente*; éste obtiene una copia de los datos del servidor, los cuales son empleados para procesar la imagen que se mostrará al usuario. Para el caso de uso colaborativo o concurrente de la aplicación, se mantiene la copia de los escenarios (color de los objetos, posición, entre otros.) de forma consistente y si ocurre un cambio en dichos escenarios, deberán reflejarse en las copias de cada uno de los usuarios.

3. Arquitectura

En esta sección se presenta la definición de la arquitectura, la cual se basa en los patrones arquitectónicos Cliente-Servidor y Modelo-Vista-Controlador.

3.1 Planteamiento de la arquitectura

En la figura 1 se muestran las capas de la arquitectura propuesta. El aspecto colaborativo de este tipo de aplicaciones se presenta en los componentes encerrados en un recuadro con línea punteada. A continuación, se describe cada una de las capas que conforman la arquitectura propuesta.

La capa de presentación del Cliente se compone de la siguiente forma:

- a) Capturar la imagen: a través de la cámara del dispositivo se adquiere la imagen a procesar.
- b) Presentar la Realidad Aumentada: consiste en mostrar la imagen real con el objeto virtual superpuesto.

La capa de presentación del Servidor se compone de la siguiente forma:

- a) Habilitación de usuarios: consiste en registrar a los usuarios que van a interactuar con la aplicación.

La capa lógica del Cliente está conformada por cinco componentes:

- a) Reconocimiento del marcador: Se busca la información del marcador en el archivo binario específico.
- b) Reconocimiento de la acción del usuario: Se identifica las acciones que el usuario en turno realiza con el marcador.
- c) Obtención del elemento a aumentar: Se busca información del objeto virtual que selecciona el usuario.
- d) Mezclado: Es el encargado de lograr que el mundo real converja con el objeto virtual
- e) Comunicación: Este componente se ocupa de interactuar con el servidor proporcionándole información de las acciones del participante.

La capa lógica del Servidor está conformada por cinco componentes:

- a) Actualizar vista de los participantes: Se encarga de identificar cual de los usuarios que colaboran en la ejecución de la aplicación realiza las actividades en turno.
- b) Comunicación: Este componente se ocupa de interactuar con el cliente indicándole la gestión de los turnos, información de los demás participantes, y las posibilidades del juego en tiempo de ejecución.

La capa de datos del Cliente cuenta con dos componentes:

- a) Catálogo de marcadores: Es un repositorio con los archivos binarios que contienen la información de los marcadores.
- b) Catálogo de objetos virtuales: Es un repositorio con los objetos virtuales que se aumentarán cuando el usuario seleccione el marcador.

La capa de datos del Servidor cuenta con un componente:

- a) Catálogo de usuarios registrados: Consiste en un repositorio con los datos de los usuarios activos de la aplicación.

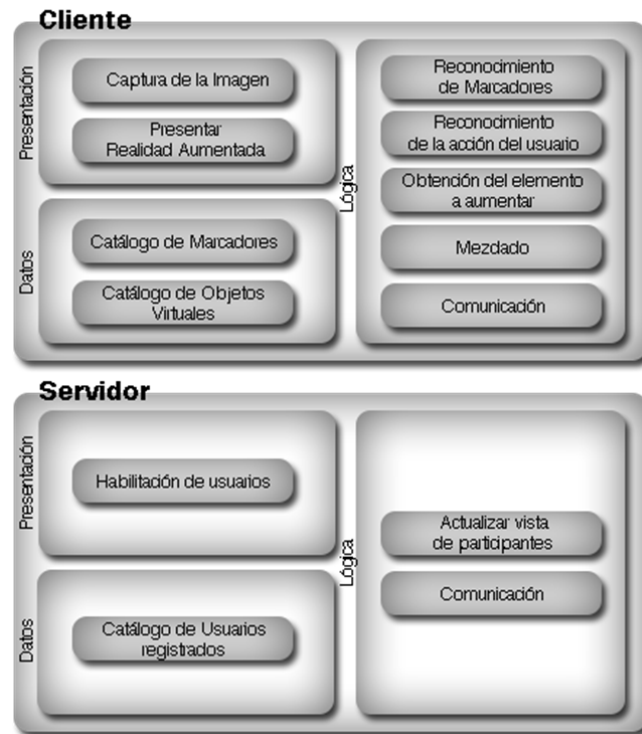


Figura 1. Prototipo de la propuesta de arquitectura.

3.2 Tecnologías para la implementación

Las aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles están relacionadas con un sin número de tecnologías que abarcan tanto Sistemas Operativos como bibliotecas de realidad aumentada. A continuación se describen algunas de las tecnologías analizadas que se relacionan con este trabajo.

Android

Este Sistema Operativo[10] para dispositivos móviles es de uso libre con una plataforma totalmente personalizable, incluye *middleware* y aplicaciones esenciales; el *Kit* de desarrollo de software (*SDK*) de *Android* proporciona las herramientas y las interfaces de programación (*API's*) necesarias para comenzar a desarrollar aplicaciones en la plataforma con el lenguaje de programación *Java*.

iOS

Este sistema operativo tiene una licencia propietaria con un *SDK* para desarrolladores registrados. Funciona con un núcleo basado en *Unix*. El lenguaje de programación empleado es *Objective-c* siendo éste una extensión del lenguaje *C* que permite trabajar en un modelo orientado a objetos. Cuenta con un entorno de desarrollo llamado *XCode* el cual permite la creación de la interfaz de usuario por medio de *storyboards* y el uso de herramientas para medir el desempeño de las aplicaciones desarrolladas, el entorno incluye un simulador virtual entre otras características [10].

Vuforia

Vuforia es una extensión de Realidad Aumentada creada por *Qualcomm* incluida en el IDE *Unity3D*. Es un sistema de marcadores basado en realidad aumentada que permite la detección y el seguimiento de la visión. El IDE *Unity3D* permite a los desarrolladores crear aplicaciones de Realidad Aumentada y Juegos. *Vuforia* se integra por los siguientes componentes: una cámara fotográfica, la imagen del convertidor, *tracker* y el video de fondo *render*, la aplicación de código y los recursos de destino [11].

ARToolkit

ARToolkit es una biblioteca de código abierto que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada. Esta biblioteca, emplea las capacidades del seguimiento de video calculando en tiempo real la posición de la cámara y la orientación de los marcadores físicos que indican la ubicación de los objetos que se superponen al mundo real. *ARToolkit* soluciona los problemas de la realidad aumentada que son: 1. El seguimiento de punto de vista. 2. Interacción entre objetos virtuales [12].

FLARToolkit

Es una biblioteca para Flash de código abierto para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada. *FLARToolkit* detecta un marcador con la cámara Web y calcula su posición en un espacio tridimensional. La Realidad Aumentada requiere bibliotecas *ActionScript* de *Flash*, *Papervision3D* y el uso de *Adobe Flex Builder* para el desarrollo de la aplicación de Realidad Aumentada. Con *FLARToolkit*, el usuario mantiene el marcador en el enfoque de la cámara Web y con ello lograr la animación de los objetos en pantalla. *FLARToolkit* combinado con *Papervision3D* logra que los usuarios vean objetos virtuales aumentados en el mundo real [13].

En la figura 2, se presenta el esquema de colaboración de las aplicaciones, se observa cómo el acceso a la aplicación se realiza a través de diferentes tipos de dispositivos.

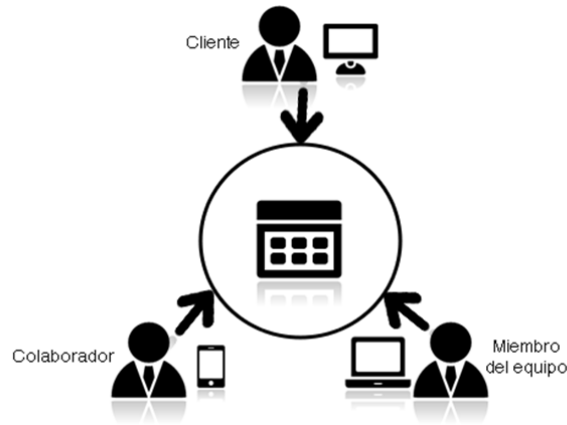


Figura 2. Representación de colaboración en las aplicaciones.

3.3 Justificación de la solución

Para la implementación de la arquitectura, se propone utilizar el Sistema operativo Android y la biblioteca de realidad aumentada Vuforia, esto debido a que en la actualidad existe un sinnúmero de dispositivos basados en Android a diferencia de iOS donde solo es posible desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles de Apple. Para el caso de la biblioteca de Realidad Aumentada de Vuforia, se eligió como alternativa debido a que ésta no es tan estricta respecto a la definición de los marcadores independientemente que es la más actual que se encontró.

Para comprobar el funcionamiento de la arquitectura propuesta se pretende elaborar un prototipo que simule el juego de Memorama. Las cartas estarán representadas por marcadores, teniendo cada una de ellas asociado el objeto 3D a aumentar. Cuando uno de los jugadores señale alguna de las tarjetas, la aplicación desplegará su objeto 3D correspondiente, el cual se visualizará en los dispositivos de todos los participantes en la sesión de juego. La imagen desaparece a los diez segundos después de que deje de ser señalada.

Cuando los objetos de ambas cartas coinciden, la aplicación deshabilita los marcadores de dichos objetos para todos los jugadores. En la figura 3, se muestra una representación de lo que se pretende lograr con este proyecto.

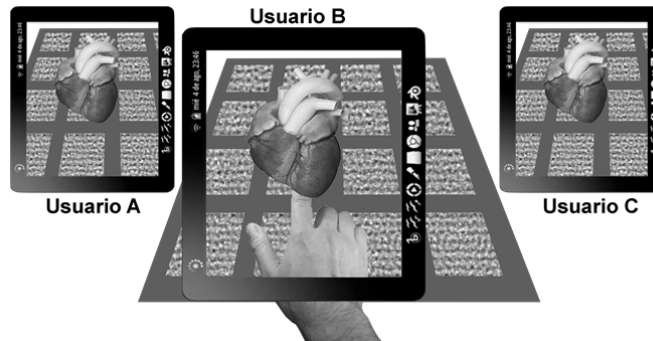


Figura 3. Representación gráfica de una aplicación colaborativa.

4. Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro se pretende implementar los componentes de la arquitectura en una primera versión con el Sistema Operativo Android y la biblioteca de realidad aumentada Vuforia y se pretende desarrollar el prototipo del juego memorama descrito en la sección anterior. Se realizarán pruebas con diversos dispositivos móviles. Evaluar la arquitectura con aplicaciones propias del Sistema Operativo de iOS y desarrollar aplicaciones educativas y evaluar su efectividad en escenarios reales.

5. Conclusiones

En la actualidad existen aplicaciones Colaborativas de Realidad Aumentada basadas en el Sistema Operativo Android, sin embargo existe poca información sobre arquitecturas de software como base para el desarrollo de las mismas, lo que convierte este proceso de desarrollo en una actividad tediosa en la interacción de los dispositivos. Conforme a lo analizado en este documento, se concluye que el diseño de una arquitectura de software para aplicaciones de realidad aumentada colaborativa con enfoque educativo permite a los desarrolladores de estas aplicaciones contar con una base que logre de forma efectiva la interacción entre diferentes dispositivos móviles basados en Android.

Agradecimientos

Este trabajo fue patrocinado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México.

Referencias

1. Hannes Kaufmann, Collaborative Augmented Reality in Education, Imagina Conference, 2003, Monaco Medias, Monaco, pp. 0-4.
2. Xiao Wei Zhong, Pierre Boulanger, Nicolas D. Georganas, Collaborative Augmented Reality: A Prototype for Industrial Training, 21th Biennial Symposium on Communication, 2002, IEEE Computer Society, Canada, pp. 0-5.
3. Philippe Renevier, Laurence Nigay, Mobile Collaborative Augmented Reality: the Augmented Stroll, 8th IFIP International Conference, 2001, Springer Berlin Heidelberg, Toronto, Canadá, pp. 299-316.
4. JaanaLeikas, Hanna Strömberg, VeikkoIkonen, RikuSuomela, JuhaniHeinilä, Multi-User Mobile Applications and a Public Display: Novel Ways for Social Interaction, Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2006, IEEE Computer Society, Pisa, Italia, pp. 70-75.
5. F. Fotouhi-Ghazvini, R. A. Earnshaw, D. Robison, P. S. Excell, Designing Augmented Reality Games for Mobile Learning using an Instructional-Motivational Paradigm, CyberWorlds International Conference, 2009, IEEE Computer Society, Bradford, pp. 312-319.
6. L. Gutierrez, I. Nikolaidis, E. Stroulia, S. Gouglas, G. Rockwell, P. Boechler, M. Carbonaro, S. King, fAR-PLAY: a framework to develop Augmented/Alternate Reality Games Pervasive Computing and Communications Workshops, 2011, IEEE Computer Society, Seattle, pp. 531-536.
7. Ailsa Barry, Jonathan Trout, Augmented Reality in a public Space: The Natural History Museum, London, 2012, Vol. 45, IEEE Computer Society, London, United Kingdom, pp. 42-4.
8. Daniel Wagnet, Thomas Pintaric, Florian Ledermann, Dieter Schmalstieg Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices, 2005, Vol. 3468, Springer Berlin Heidelberg, Munich, Germany, pp 208-219.
9. Szalavári, Z., Schmalstieg, D., Fuhrmann, A., Gervautz, M. Studierstube: An environment for collaboration in augmented reality, 1998, Vol. 3, Springer-Verlag, pp. 37-48.
10. Mark H. Goadrich, Michael P. Rogers, Smart smartphone development: iOS versus android, 42nd ACM Technical Symposium on Computer science education, 2011, ACM, New York, USA, pp. 607-612.
11. Guiran Chang, Chunguang Tan, Guanhua Li, Chuan Zhu, Developing mobile applications on the Android Platform, 2010, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg pp. 264-286.
12. Kato, Hirokazu, Virtual Object manipulation on a table-top AR environment, Augmented Reality (ISAR 2000) Symposium, 2000, Hiroshima Univ., Japón, pp. 111-119.
13. Padmavathi S, Medicherla, George Chang, Patricia Morreale, Visualization for increased understanding and learning using augmented reality, International conference on Multimedia Information retrieval, 2010, ACM, New York, United States, pp. 441-444.