

A Survey on Development Tools for Mobile Augmented Reality

Gustavo Rovelo¹, Francisco Abad² and Emilio Camahort²

¹Departamento de Sistemas Informáticos y Computación
²Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera S/N 46022 Valencia, España

Abstract

Augmented Reality (AR) applications have become more popular beyond the research laboratory due to recent technological breakthroughs in computer hardware and mobile devices. Users are starting to interact with virtual content mixed with real environments at their offices, homes, and schools using their mobile phones.

For this growing market, developers have first to decide the platform in which they will develop the application (e.g. Apple iOS or Android). Then they must decide whether start writing the application from scratch using only platform native tools, or using one of the available Software Development Kits (SDKs), or using high-level authoring tools for the chosen platform. Besides, developers have to face different AR related issues according to the application's requirements: markers, barcodes or general image tracking, geolocation, efficient rendering of 3D objects, and designing a robust GUI for the target devices.

To help developers and researchers to start writing mobile AR applications, this survey identifies the main features of several freeware and commercial SDKs and authoring tools.

Categories and Subject Descriptors (according to ACM CCS):

I.3.2 [Computer Graphics]: Graphics Systems—Remote Systems I.3.2 [Computer Graphics]: Graphics Systems—Stand-Alone Systems I.3.7 [Computer Graphics]: Three-Dimensional Graphics and Realism—Virtual Reality I.3.8 [Computer Graphics]: Applications—

1. Introducción

El crecimiento de la capacidad de cómputo de los dispositivos de telefonía móvil los ha convertido en pequeños ordenadores portátiles. Además, los dispositivos de última generación cuentan con una gran variedad de sensores (p. e. cámaras de alta resolución, brújulas electrónicas y GPS) que permiten conocer la ubicación y orientación del dispositivo. Estas características los convierten en una plataforma idónea para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (RA).

Esta tendencia de usar dispositivos móviles para desarrollar aplicaciones de RA se puede observar tanto en el campo de la investigación como en el de las aplicaciones comerciales destinadas al consumidor. Encontramos, por ejemplo aplicaciones comerciales para ayudar al usuario durante la

visita a una ciudad o para encontrar puntos de interés (POIs por sus siglas en inglés) cercanos a su posición, como la aplicación para iOS “Augmented Reality” [Pre11], o bien estudios en donde los investigadores analizan los beneficios de las aplicaciones de RA móvil respecto a interfaces tradicionales. Como ejemplo podemos citar el trabajo de Andreas Dünser y otros [DBW*11]. En este artículo los investigadores comparan la efectividad de una herramienta de RA como guía en una tarea de navegación en exteriores con respecto a usar únicamente mapas digitales.

Antes de desarrollar una aplicación de RA para un dispositivo móvil, el desarrollador tiene que tomar una serie de decisiones que dependen de los requisitos de la aplicación. Por ejemplo, elegir la plataforma en la que se ejecutará la

aplicación o el tipo de algoritmos de tracking que empleará para conocer la posición y orientación del dispositivo.

En el mercado existen un conjunto de herramientas de autor de alto nivel y librerías de desarrollo de software para la construcción de aplicaciones de RA en plataformas móviles. Esta variedad de herramientas hace que el desarrollador deba invertir mucho tiempo en la selección de la que mejor se adapte a sus necesidades y habilidades.

Es por ello que en el presente artículo realizamos una revisión de las librerías y herramientas de autor más populares para crear aplicaciones de RA móvil. Describiremos las características más relevantes de cada una de estas herramientas para facilitar la toma de decisiones en el momento de iniciar el diseño de una aplicación de este tipo.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la Sección 2 presentamos las características principales de cada sistema evaluado; primero la lista de las herramientas de autor de alto nivel y luego la de los SDKs. Las herramientas descritas están ordenadas alfabéticamente. Finalmente, en la Sección 3 se muestran las conclusiones obtenidas después de realizar la revisión de las herramientas. En el apéndice se han incluido dos tablas resumen: una con las características más relevantes de las herramientas revisadas, y otra con una propuesta de las herramientas más adecuadas para una serie de casos de uso.

2. Herramientas de autor de alto nivel y SDK's

En esta sección presentamos las herramientas para la creación de aplicaciones de RA móvil más populares. Describimos primero las herramientas de autor de alto nivel y luego los SDKs disponibles en el mercado. En ambos casos, las herramientas descritas están ordenadas alfabéticamente para facilitar su localización. La Tabla 1 presenta un resumen con las características más importantes de estas herramientas para facilitar su comparación.

2.1. Herramientas de autor de alto nivel

2.1.1. D'Fusion Studio [Tot11]

Es una herramienta gratuita (para uso no comercial) que permite desarrollar aplicaciones de RA para diferentes plataformas: web, escritorio y dispositivos móviles. En el caso de los dispositivos móviles, se pueden construir aplicaciones para iOS y Android. Proporciona una interfaz gráfica donde se puede llevar a cabo todo el proceso de desarrollo, desde el modelado de los objetos virtuales, hasta su integración en el proceso de seguimiento en escenarios reales.

Utiliza reconocimiento de imágenes para el seguimiento del punto de vista del usuario. Reconoce imágenes 2D y objetos 3D reales, también tiene seguimiento de rostros y detección de movimiento. Permite la integración con la librería

OpenNI [Ope10] para utilizar cámaras de profundidad como Microsoft Kinect para el seguimiento del usuario. También soporta la geolocalización, usando datos provenientes del GPS, brújula, acelerómetro y otros sensores incorporados en el dispositivo móvil. Por lo tanto, esta herramienta permite construir aplicaciones que funcionan tanto en interior como en exterior.

D'Fusion Studio integra el motor gráfico Ogre3D y un motor de física. Para programar el comportamiento de la aplicación se utiliza el lenguaje LUA. La Figura 1 muestra una captura de pantalla del entorno D'Fusion Studio. Total Inmersion, la compañía que desarrolla esta herramienta, ofrece también versiones de pago para desarrollar aplicaciones con fines comerciales. El precio de la licencia del entorno de desarrollo tiene que solicitarse directamente a Total Inmersion.

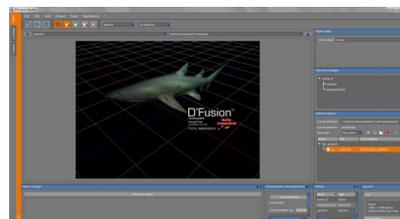


Figure 1: Captura de pantalla de la GUI de la herramienta D'Fusion Studio.

2.1.2. Junaio [Met12a]

Es un navegador de RA basado en tracking del usuario por geolocalización y reconocimiento de imágenes. Este navegador utiliza el concepto de canal, un contenedor en donde el desarrollador organiza la información de los POIs con los que podrá interactuar el usuario. Esta combinación de métodos de tracking permite que el navegador pueda ser utilizado tanto en exteriores usando geolocalización; como en interiores, usando reconocimiento de marcadores que representan una coordenada geográfica (codificando la longitud, latitud y altitud del POI).

Permite representar y asociar a los POIs modelos 2D y 3D, animados o estáticos, sonidos, videos, enlaces a páginas web, información relevante, números de teléfono, y direcciones de correo. Los modelos 3D pueden estar en formato Wavefront (obj) y MD2 con el que se pueden almacenar animaciones. El único formato de sonido aceptado es el MP3.

Para usar las capas generadas, el usuario deberá instalar el navegador en un dispositivo móvil que deberá estar permanentemente conectado a Internet, ya que la información correspondiente a los POIs cercanos al usuario se carga bajo demanda.

El desarrollador debe crear la base de datos de los POIs, así como de los elementos que se utilizarán para aumentar

la imagen de la escena captada. Es también responsabilidad del desarrollador programar el servicio web para atender a las peticiones de información del cliente desde el dispositivo móvil (ver Figura 2).



Figure 2: Captura de pantalla del navegador Junaio.

2.1.3. Layar [SPR10]

Layar es un navegador de RA que trabaja con el modelo Cliente-Servidor, por lo que necesita que el dispositivo tenga acceso constante a Internet.

Funciona a través de capas creadas por el desarrollador, capaces de mostrar POIs cercanos al usuario (utilizando georeferencias). Una vez publicada, la capa está disponible para todas aquellas personas que instalen la aplicación en su dispositivo móvil. Layar dispone de una interfaz web a través de la cual el desarrollador define las capas y de una aplicación cliente para iOS y Android en la que el usuario final las visualiza (Figura 3).

La aplicación permite mostrar en las capas información a través de modelos 2D y 3D (con o sin animaciones), enlaces a páginas web, imágenes, videos y sonidos. Los modelos 3D deben estar almacenados en un formato especial de Layar, para lo cual se proporciona una herramienta para convertir modelos Wavefront a dicho formato.

La última versión de la herramienta incorpora la funcionalidad de reconocimiento de imágenes. Esto permite al navegador reconocer el edificio, escultura o imagen que el usuario esté viendo. Para que el reconocimiento de imágenes funcione, el desarrollador debe subir a la base de datos las referencias a las imágenes que han de utilizarse en la comparación. Esta característica no es gratuita, y hay que pagar hasta 1000€, dependiendo de la cantidad de “comparaciones” que haga nuestra capa. El resto de las funciones del navegador son gratuitas.

El navegador permite definir POIs que estén relacionados únicamente con la posición actual del usuario y no con unas coordenadas geográficas estáticas. Esto permite la creación de aplicaciones, (p. e. juegos) en los que los elementos virtuales aparecerán en donde sea que se encuentre el usuario. Además, si la capa lo define, el navegador tiene disponible una vista aérea en un mapa de los POIs más cercanos.

Existen además herramientas de terceros (comerciales y gratuitas) que permiten crear capas sin necesidad de programar el servicio web ni la base de datos (buildAR [Bus09], Poistr [Ibé10], Poiz [B.V11], VISAR [Muz11], PorPoise [SUR09], Hoppala [Dip09]). Layar ofrece también la posibilidad de integrar la funcionalidad del navegador en una aplicación propia, por lo que el usuario no necesitaría instalar el navegador Layar para acceder al contenido. El desarrollador deberá descargar el SDK para desarrollar la aplicación, aunque por el momento solo está disponible para iOS.



Figure 3: Captura de pantalla del navegador Layar.

2.1.4. Mixare [Pee10]

Esta herramienta es un navegador de código libre que está disponible para iOS y Android. En su versión original muestra los POIs, almacenados en Wikipedia, que rodean al usuario del dispositivo en el que se instala la aplicación. En la versión más reciente de la herramienta se puede cargar una fuente de datos diferente en tiempo de ejecución. La Figura 4 muestra una captura de pantalla de la aplicación con un punto de interés en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México.

También es posible utilizar la funcionalidad del navegador Mixare en una aplicación propia, ya que el código se puede reutilizar y modificar libremente, puesto que la herramienta se distribuye bajo la licencia GPLv3.

El navegador permite al usuario obtener más información sobre los POIs que tiene en pantalla haciendo clic sobre cualquiera de ellos. De esta forma, el navegador muestra la entrada de Wikipedia correspondiente. También permite definir el rango de distancia para seleccionar qué POIs se deben mostrar.

2.1.5. Wikitude [Wik11]

Esta herramienta es similar a las herramientas descritas en las Secciones 2.1.2, 2.1.3 y 2.1.4. Wikitude ofrece al desarrollador la posibilidad de publicar información sobre POIs en una base de datos y tener acceso a ellos utilizando un servicio web. Por esta razón, el usuario final deberá instalar la aplicación Wikitude en un dispositivo móvil con una conexión a Internet para poder acceder a la información.

El usuario puede interactuar con objetos 2D georeferenciados (imágenes y modelos 2D). Esta herramienta permite



Figure 4: Captura de pantalla del navegador Mixare.

también configurar la reproducción de sonidos y videos relacionados con los POIs. La Figura 5 muestra una captura de pantalla de un dispositivo móvil usando la aplicación Wikitude.

Esta herramienta es gratuita, aunque también dispone de versiones de pago para el desarrollo de aplicaciones comerciales. El precio de la versión comercial va de los 299€ a los 599€, dependiendo del número de licencias que se necesiten (se necesita una licencia por cada copia de la aplicación vendida).

Está disponible para iOS, Android, BlackBerry y para Windows Phone 7. Únicamente dispone de la opción de geolocalización como método para conocer la posición y punto de vista del usuario.



Figure 5: Captura de pantalla de un dispositivo móvil usando Wikitude.

Además de la opción de publicar contenido para que sea visible a través de la aplicación Wikitude, el desarrollador dispone de un SDK gratuito (las aplicaciones muestran una marca de agua con el logotipo de Wikitude en la vista de la cámara). Este SDK permite integrar la funcionalidad del navegador Wikitude con una aplicación nativa de las plataformas soportadas, comunicándose a través de JavaScript.

2.2. SDKs

2.2.1. AndAR [Tob10]

Es un proyecto de código abierto que aún se encuentra en desarrollo y que únicamente permite construir aplicaciones

para la plataforma Android. Es gratuita tanto para desarrollos de software libre como comercial.

Proporciona una librería de Java para crear aplicaciones de Realidad Aumentada utilizando marcadores para calcular la posición y punto de vista del usuario. Este SDK permite utilizar la librería ARToolkit [KB99] en aplicaciones nativas de Android.

AndAR permite mostrar modelos 3D en formato Wavefront y transformarlos (aplicar rotaciones, traslaciones y escalados). La Figura 6 muestra una captura de pantalla de una aplicación desarrollada con este SDK.

Por el momento sólo funciona en una cantidad reducida de dispositivos que puede ser consultada en: <http://code.google.com/p/andar/wiki/SupportedMobilePhones>.



Figure 6: Al reconocer el marcador, la aplicación dibuja el modelo 3D sobre la vista de la cámara del dispositivo.

2.2.2. ARmsk [Com10]

Es una herramienta gratuita bajo la licencia GPLv3 y no dispone de versiones de pago. Únicamente permite desarrollar aplicaciones para Android.

Utiliza algoritmos de reconocimiento de imágenes como único método para calcular la posición y orientación del móvil. Esta librería no utiliza marcadores estándar, sino que permite utilizar imágenes capturadas con la cámara del dispositivo durante la ejecución de la aplicación. Para capturar esta imagen, se recomienda situar el teléfono con la cámara apuntando en dirección perpendicular a la imagen a capturar, para luego seleccionar la opción correspondiente en el menú. Después de procesar la fotografía, desde el menú de la aplicación se puede iniciar la etapa de Realidad Aumentada, en la que los objetos virtuales definidos por el usuario se alinearán con el marcador recién capturado.

Para poder utilizar este SDK, el desarrollador deberá instalar en su entorno de desarrollo el Android NDK (Native Development Kit) r4 de Crystax, la herramienta make de GNU, y la herramienta SWIG (Simplified Wrapper and Interface Generator) que se usa para conectar la librería OpenCV [Gee09] con el lenguaje Java.

Permite representar modelos 3D virtuales, alineados con los objetos reales que han servido como marcadores. En la Figura 7 se puede ver un ejemplo de una aplicación usando ARmsk.



Figure 7: La aplicación ARmsk Demo, que se puede descargar de Google Play Store, permite crear un marcador a partir de la imagen capturada por la cámara del dispositivo para calcular el punto de vista del usuario al dibujar el cubo virtual.

2.2.3. ARToolKit [ART12]

Este SDK es la adaptación del ARToolKit profesional a las plataformas para móviles iOS y Android. Es gratis para desarrollo de aplicaciones no comerciales bajo la licencia GPLv2, aunque también hay una versión de pago para desarrollo de aplicaciones comerciales. Para comprar una licencia de desarrollo para cualquiera de las dos plataformas se debe contactar con uno de los distribuidores oficiales.

Igual que el ARToolKit para aplicaciones de escritorio, esta versión se basa en el seguimiento de marcadores para determinar la posición y punto de vista de la cámara. La versión para iOS viene con clases en Objective C, y la de Android con clases en Java o bien a través del NDK de Android para utilizar el código nativo de ARToolKit.

La versión para iOS funciona con dispositivos que tengan al menos la versión 4.0 de la plataforma, es compatible con OpenSceneGraph 2.9, y viene con patrones de calibración de las cámaras para cada uno de los dispositivos disponibles. También se puede elegir la cámara que utiliza la aplicación. Por otra parte, la versión del SDK para Android es compatible con dispositivos que tengan al menos la versión 2.1 del sistema operativo.

El SDK ofrece todas las características del ARToolKit profesional en ambas plataformas, entre las que destacan: detección automática del umbral para la binarización, mejoras en el proceso de detección de los marcadores, código de ejemplo y la herramienta para creación de marcadores. En la Figura 8 se puede observar una aplicación desarrollada con el ARToolKit para iOS.

2.2.4. ARViewer SDK [Lib10]

Es una herramienta gratuita para desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles con el sistema operativo Android. Utiliza los sensores del dispositivo (GPS, brújula y giroscopios) para conocer la situación y punto de vista del dispositivo.



Figure 8: ARToolKit en una aplicación para iOS (<http://www.artoolworks.com/products/mobile/artoolkit-for-ios/>).

Ofrece la posibilidad de crear dos tipos de aplicaciones. Por una parte, aplicaciones para creación de POIs, en las que se permite al usuario guardar la información de localización del dispositivo (coordenadas geográficas y orientación). Y por otra las aplicaciones de Realidad Aumentada en las que el usuario puede interactuar con el contenido virtual mezclado en la escena real de acuerdo con su posición geográfica (ver Figura 9). Este SDK permite también crear aplicaciones para interiores, ya que tiene la funcionalidad para reconocer códigos QR.

Con este SDK se pueden asociar a cada POI diferentes elementos multimedia: videos, sonidos y/o música, imágenes, etiquetas con información relevante.



Figure 9: En esta figura podemos observar el demo distribuido por LibreGeoSocial (compañía desarrolladora del SDK) mostrando dos puntos de interés en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México.

2.2.5. KHARMA [Aug11]

KHARMA (KML/HTML Augmented Reality Mobile Architecture) es una herramienta que permite crear aplicaciones de RA bajo el paradigma de un navegador de Internet. Utiliza una versión extendida del lenguaje KML, llamada KARML, para compartir información almacenada en servidores Web tradicionales y mostrarla en el navegador.

Este framework aprovecha los estándares de Internet existentes para crear una infraestructura que permita compartir información proveniente de distintas fuentes en una única aplicación de RA. Por ejemplo, permite que el desarrollador defina modelos 3D de los edificios que rodean la zona

en la que se utilizará la aplicación (denominado servidor de infraestructura). De esta manera, la aplicación de RA puede utilizar este conocimiento sobre su entorno para calcular los modelos de oclusión entre los objetos reales de la escena y el contenido virtual que se muestra al usuario.

Los desarrolladores del framework KHARMA han creado un navegador para iOS, llamado Argon (ver Figura 10) como un ejemplo de un cliente que usa el framework propuesto. Este navegador es gratuito, y se está desarrollando la versión para Android.



Figure 10: Ejemplo de la aplicación Argon Browser, desarrollado con el marco de desarrollo KHARMA (<https://research.cc.gatech.edu/kharma/content/cnn-center-image>).

2.2.6. Magnitude [INS10]

Es una herramienta gratuita, disponible únicamente para Android. Una característica de esta herramienta es que no es propiamente una librería. Es un proyecto de código abierto desarrollado por alumnos del Instituto de Ciencias Aplicadas de Toulouse. Utiliza un modelo Cliente-Servidor para mostrar contenido virtual sobre la vista de la cámara del dispositivo, basándose únicamente en la información de geolocalización (ver Figura 11).

Los módulos de procesamiento de los datos de geolocalización están implementados como servicios web, por lo que una aplicación desarrollada con este SDK necesita conexión a Internet. Es precisamente este modelo basado en servicios web lo que, de acuerdo con sus desarrolladores, permite que su funcionalidad sea fácilmente extendida y adaptada a las necesidades de un nuevo proyecto. Utiliza una base de datos MySQL para almacenar la información de los POIs.

2.2.7. Metaio Mobile [Met12b]

El SDK es gratuito, aunque con algunas restricciones. Por ejemplo, las aplicaciones desarrolladas llevarán el logotipo

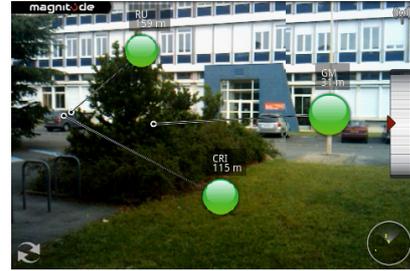


Figure 11: Vista principal de la aplicación Magnitude (<http://code.google.com/p/magnitudehq/>).

de Metaio Mobile como una marca de agua en la vista de la cámara. Existen también dos versiones de pago, cuya diferencia radica en el número de aplicaciones que se puede desarrollar y en el soporte técnico. La versión más barata cuesta 4500€ y la más completa 19900€. El SDK está disponible para iOS y Android.

EL SDK permite realizar el seguimiento del usuario usando datos georeferenciados y reconocimiento de imágenes, por lo que se puede utilizar tanto en exteriores como en interiores. Permite representar imágenes, modelos 2D y 3D (formato Wavefront y MD2 con animaciones). Una característica interesante es que se puede configurar la reacción de los modelos a la fuerza de gravedad (definida por el desarrollador).

El SDK tiene también un plugin para integrarse con el motor Unity3D. En la Figura 12 se puede apreciar una captura de pantalla de una aplicación desarrollada usando el SDK Metaio Mobile.

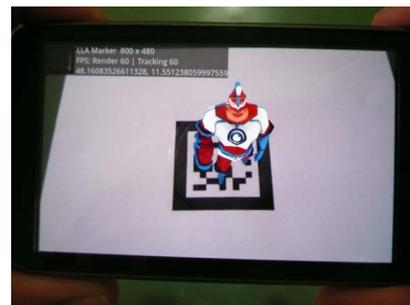


Figure 12: Captura de pantalla de una aplicación desarrollada usando el SDK Metaio Mobile.

2.2.8. NyARToolKit [NyA08]

Esta es otra herramienta basada en la librería ARToolKit [KB99]. Su funcionamiento se basa únicamente en el reconocimiento de marcadores. Esta librería tiene varias versiones para diferentes lenguajes de programación y plataformas, entre las que destacan Java, C#, Flash y Android (ver

Figura 13). La librería es gratuita (licencia GPLv3), por lo que se pueden desarrollar proyectos gratuitos y comerciales, siempre que sean de código abierto. Si se requiere de una licencia comercial en la que no sea necesario compartir el código, hay que solicitarla a ARToolWorks.

Es importante mencionar que la versión para Android está aún en desarrollo y se puede usar bajo la misma licencia que las otras versiones de la librería. Un posible inconveniente es que esta versión de la librería está siendo desarrollada en Japón, por lo que mucho del contenido de la página web con la documentación y los ejemplos están en japonés.



Figure 13: Captura de pantalla de una aplicación hecha con la librería NyARToolKit en el emulador de Android (<http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/wp-content/uploads/and.jpeg>).

2.2.9. PointCloud [13t12]

Esta herramienta está disponible únicamente para iOS 5.0 o posterior. Ofrece dos posibilidades: usar el navegador con el que se puede visualizar escenas aumentadas desde una página web, o utilizar el SDK para integrar la funcionalidad del navegador en una aplicación nativa.

Utiliza reconocimiento de imágenes para crear marcadores a partir de cualquier imagen, que después se usarán para calcular el punto de vista del usuario y poder alinear los objetos virtuales con los reales. Permite representar modelos 3D en formato Wavefront, que cumplan con el estándar OpenGL ES 1.1, además de contenido HTML5 y sonidos. El contenido HTML siempre aparecerá por encima de los objetos 3D. Los modelos 3D podrán tener iluminación, sistemas de partículas, animaciones, responder a la fuerza de gravedad definida por el desarrollador y también detectar colisiones entre ellos.

Con la versión actual del SDK y la capacidad actual de los dispositivos móviles, se pueden mantener hasta 40 marcadores para realizar el tracking sin penalizar la velocidad de la aplicación. En la Figura 14 se puede observar la vista aumentada proporcionada por el navegador PointCloud cuando reconoce una de las imágenes con las que fue entrenado.

Para integrar la funcionalidad del navegador en una aplicación nativa, se debe crear una instancia del navegador en el código de la aplicación, y proporcionarle información del acelerómetro, el giroscopio y la cámara. En este caso, el desarrollador debe registrarse y solicitar una clave por cada aplicación que desee publicar.

Las aplicaciones creadas con la versión gratuita de este SDK deberán mostrar el logotipo de PointCloud en la pantalla de carga. El logotipo también deberá permanecer visible en la vista de la cámara y se debe especificar que los algoritmos de visión por ordenador usados pertenecen a la compañía que desarrolla el SDK en la sección de “Acerca de” de la aplicación y en la descripción de la aplicación en la App Store. Existe la posibilidad de solicitar una licencia comercial del SDK para evitar estas restricciones contactando con la compañía para solicitar el precio de la licencia.



Figure 14: Ejemplo de una aplicación desarrollada usando el SDK PointCloud ejecutándose en un iPhone.

2.2.10. Qualcomm AR SDK - Vuforia [QUA12]

Este SDK gratuito está disponible para iOS y Android, y tiene un plugin para integrarse en el motor gráfico Unity3D. Utiliza algoritmos de reconocimiento de imágenes para hacer tracking de imágenes 2D (hasta cinco de manera simultánea). También permite hacer tracking de objetos 3D, aunque únicamente cajas y prismas rectangulares.

Permite representar objetos 2D y 3D sobre la vista de la cámara del dispositivo. También permite transformar dichos objetos virtuales teniendo en cuenta eventos nativos de cada plataforma. Por ejemplo, el sistema puede detectar un toque del usuario sobre un objeto virtual para iniciar una animación. También puede reproducir sonidos y utilizar controles de la interfaz de la plataforma elegida (botones, menús desplegables, etc.).

Esta librería permite la utilización de shaders de vértice y

de fragmento, permitiendo, por ejemplo, simular la oclusión entre los objetos virtuales y los objetos reales que sirven como referencia (ver Figura 15). Por otra parte, la aplicación necesita un dispositivo con conexión a Internet, ya que durante la ejecución se descargan parámetros de optimización y se envían datos anónimos sobre el uso del SDK en la aplicación.



Figure 15: Captura de pantalla de una aplicación desarrollada usando Qualcomm AR SDK -Vuforia. La tetera azul (objeto virtual) se encuentra parcialmente ocluida por la caja real que sirve como marcador (https://ar.qualcomm.at/qdevnet/developer_guide).

2.2.11. SATCH [KDD11]

Es una librería que permite el desarrollo de aplicaciones de RA móvil para iOS y Android. Es gratuita y se integra con D’Fusion Studio para la creación del contenido virtual (ver Sección 2.1.1). También ofrece una herramienta web para gestionar y publicar las aplicaciones en los principales mercados de aplicaciones.

Sin embargo, las aplicaciones desarrolladas con esta librería, solo se pueden distribuir en países de la zona Asia-Pacífico. La librería realiza automáticamente una comprobación del lugar de uso de la aplicación enviando información a un servidor de la compañía desarrolladora. La licencia obliga a mostrar los logotipos de SATCH y una leyenda con el texto “Augmented by Total Immersion”.

El seguimiento de imágenes 2D y el uso de geolocalización permiten alinear objetos 3D virtuales, imágenes, video, sonido y etiquetas de texto en la escena aumentada. En la Figura 16 se puede observar una captura de pantalla de uno de los videos demostrativos que están disponibles en la página del SDK.

2.2.12. String [Str12]

Es un SDK exclusivo para iOS que utiliza algoritmos de reconocimiento de imágenes para hacer el seguimiento de imágenes 2D encerradas en un recuadro. Se puede usar cualquier tipo de imagen como marcador. La aplicación es capaz de seguir hasta 10 imágenes (marcadores) al mismo tiempo. La versión para Android se encuentra en desarrollo.

Se puede integrar en el motor gráfico Unity3D, y también



Figure 16: Captura de pantalla de uno de los video-demos disponibles en la página de SATCH (http://satch.jp/en/demonstrations/android_13.html).

se puede usar como una librería externa para aplicaciones que usen otros motores 3D. String SDK soporta los estándares OpenGL ES1 y ES2. En la Figura 17 se puede observar una captura de pantalla del motor gráfico Unity3D con el plugin de String.

El SDK tiene una versión de prueba que es gratuita, pero únicamente puede seguir un marcador y la aplicación debe mostrar el logotipo de la marca al inicio y una marca de agua en la vista de la cámara cuando no haya ningún marcador visible. Las aplicaciones desarrolladas con esta versión no pueden ser distribuidas en la App Store. Existe también una versión comercial del SDK y su precio va desde los 485€ hasta los 6,794€ por aplicación, por año.

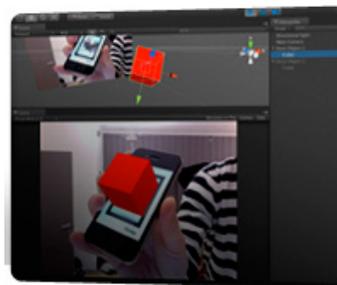


Figure 17: Captura de pantalla del motor gráfico Unity3D con el plugin String (<http://www.poweredbystring.com/product>).

3. Conclusiones

El propósito de este trabajo fue conocer y analizar las características de las principales herramientas para desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada móvil disponibles en el mercado. Incluimos en nuestra revisión herramientas gratuitas y de pago, que clasificamos en dos categorías: herramientas de autor de alto nivel y kits de desarrollo de software (SDKs).

Presentamos además una tabla comparativa que resume las que creemos son las características más importantes de

estas herramientas (ver Tabla 1). Pretendemos con esto, que un estudiante, un investigador o un desarrollador, tenga a su alcance la información necesaria para tomar una decisión de diseño, de una manera sencilla y directa.

En la Tabla 2 presentamos una serie de casos de uso en los que pensamos que se puede obtener un buen resultado con cada herramienta.

Después de la revisión de las distintas herramientas, podemos destacar que si se quieren desarrollar aplicaciones de RA en donde el usuario tenga una interacción constante con los elementos virtuales, D'Fusion Studio y ARToolKit son dos buenas opciones. Por otra parte, Layar y Junaio son buenas opciones si se necesita crear una aplicación en poco tiempo para la visualización de datos georeferenciados en exteriores.

4. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México como parte del Programa Especial de Ciencia y Tecnología, por el proyecto ALFI-3D, TIN2009-14103-C03-03 del Ministerio Español de Ciencia e Innovación, y el Programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo (PAID-05-11) de la Universitat Politècnica de València.

References

- [13t12] 13TH LAB AB.: PointCloud [online]. 2012. URL: <http://pointcloud.io/> [cited July 5th, 2012]. 7
- [ART12] ARTOOLWORKS INC.: ARToolKit [online]. 2012. URL: <http://www.artoolworks.com/products/mobile/> [cited July 5th, 2012]. 5
- [Aug11] AUGMENTED ENVIRONMENTS LABORATORY, GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY SCHOOL OF INTERACTIVE COMPUTING.: KHARMA - KML/HTML Augmented Reality Mobile Architecture [online]. 2011. URL: <https://research.cc.gatech.edu/kharma/content/home> [cited July 5th, 2012]. 5
- [Bus09] BUSINESS M. O.: buildar [online]. 2009. URL: <https://buildar.com/> [cited July 5th, 2012]. 3
- [B.V11] B.V. Z.: Poiz Layers made easy [online]. 2011. URL: <http://poiz.biz/> [cited July 5th, 2012]. 3
- [Com10] COMBITECH.: Augmented Reality Markerless Support Kit [online]. 2010. URL: <http://armsk.org/> [cited July 5th, 2012]. 4
- [DBW*11] DÜNSER A., BILLINGHURST M., WEN J., LEHTINEN V., NURMINEN A.: Handheld AR for Outdoor Navigation. In *MobileHCI2011 - Workshop on Mobile Augmented Reality* (2011). 1
- [Dip09] DIPL.-MATH. MARC RENÉ GARDEYA.: Hoppala Mobile Augmented Reality [online]. 2009. URL: <http://www.hoppala-agency.com/> [cited July 5th, 2012]. 3
- [Gee09] GEEKNET INC.: OpenCV Library [online]. 2009. URL: <http://opencvlibrary.sourceforge.net> [cited July 5th, 2012]. 4
- [Ib610] IBÉRICA C. G.: Poistr Realidad Aumentada al alcance de todos [online]. 2010. URL: <http://www.poistr.com> [cited July 5th, 2012]. 3
- [INS10] INSA TOULOUSE.: Magnitude, la réalité augmentée libre sur Android ! [online]. 2010. URL: <http://code.google.com/p/magnitudehq/> [cited July 5th, 2012]. 6
- [KB99] KATO H., BILLINGHURST M.: Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality, conferencing system. In *2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99)* (1999). <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>. 4, 6
- [KDD11] KDDI CORPORATION.: SATCh [online]. 2011. URL: <https://satch.jp/en/> [cited July 5th, 2012]. 8
- [Lib10] LIBREGEOSOCIAL: AUGMENTED REALITY FLOSS: ARViewer [online]. 2010. URL: <http://www.artoolworks.com/products/mobile/> [cited July 5th, 2012]. 5
- [Met12a] METAIO GMBH.: Junaio [online]. 2012. URL: <http://www.junaio.com/> [cited July 5th, 2012]. 2
- [Met12b] METAIO GMBH.: Metaio Mobile SDK [online]. 2012. URL: <http://www.metaio.com/software/mobile-sdk/> [cited July 5th, 2012]. 6
- [Muz11] MUZAR ORG.: Visar [online]. 2011. URL: <http://www.visar.biz/> [cited July 5th, 2012]. 3
- [NyA08] NyARToolkit project [online]. 2008. URL: http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/?page_id=198 [cited July 5th, 2012]. 6
- [Ope10] OPENNI ORGANIZATION.: OpenNI Library [online]. 2010. URL: www.openni.org [cited July 5th, 2012]. 2
- [Pee10] PEER SRL (PEER INTERNET SOLUTIONS): Mixare Augmented Reality Engine [online]. 2010. URL: <http://www.mixare.org/> [cited July 5th, 2012]. 3
- [Pre11] PRESSELITE.: Augmented Reality [online]. 2011. URL: <http://www.presselite.com/iphone/augmentedreality/> [cited July 5th, 2012]. 1
- [QUA12] QUALCOMM INCORPORATED.: Vuforia Augmented Reality SDK [online]. 2012. URL: <https://developer.qualcomm.com/develop/mobile-technologies/augmented-reality> [cited July 5th, 2012]. 7
- [SPR10] SPRX MOBILE.: Layar [online]. 2010. URL: <http://www.layar.com/> [cited July 5th, 2012]. 3
- [Str12] STRING LABS LTD.: String [online]. 2012. URL: <http://www.poweredbystring.com/> [cited July 5th, 2012]. 8
- [SUR09] SURFNET.: Point-of-Interest server for Layar [online]. 2009. URL: <http://code.google.com/p/porpoise/> [cited July 5th, 2012]. 3
- [Tob10] TOBIAS DOMHAN.: AndAR - Android Augmented Reality [online]. 2010. URL: <http://code.google.com/p/andar/> [cited July 5th, 2012]. 4
- [Tot11] TOTAL-INMERSION.: D'Fusion Studio [online]. 2011. URL: <http://www.t-immersion.com/products/dfusion-suite/dfusion-studio> [cited July 5th, 2012]. 2
- [Wik11] WIKITUDE GMBH.: Wikitude [online]. 2011. URL: <http://www.wikitude.com/> [cited July 5th, 2012]. 3

Categoría		Precio Comercial €	Plataforma	Tracking	Requiere Internet	Lenguaje	
		Licencia Comercial €	Android	Geo.	RIM	Marcadores	
Autor	D'Fusion Studio (2.1.1)	Contactar	✓	✓	✓	✓	LUA
Autor	Juniao (2.1.2)	-	✓	✓	✓	✓	PHP, ASP, XML, SQL
Autor	Layar (2.1.3)	0-1000	✓	✓	✓	✓	PHP, ASP, XML, SQL
Autor	Mixare (2.1.4)	-	✓	✓	✓	✓	Java, Objective C
SDK	Wikitude (2.1.5)	299-599	✓	✓	✓	✓	HTML, PHP, ASP, XML, SQL
SDK	AndAR (2.2.1)	-	✓	✓	✓	✓	Java
SDK	ARmsk (2.2.2)	-	✓	✓	✓	✓	C/C++, Java
SDK	ARToolKit (2.2.3)	Contactar	✓	✓	✓	✓	C/C++-Objective C, Java
SDK	ARViewer (2.2.4)	-	✓	✓	✓	✓	Java
SDK	KHARMA - Argon (2.2.5)	-	✓	✓	✓	✓	HTML, Java Script, KARMML
SDK	Magnitude (2.2.6)	-	✓	✓	✓	✓	Java
SDK	Metaio Mobile (2.2.7)	4950-19500	✓	✓	✓	✓	Objective C, Java
SDK	NyARToolKit (2.2.8)	Contactar	✓	✓	✓	✓	Java, C#, Flash
SDK	PointCloud (2.2.9)	Contactar	✓	✓	✓	✓	C/C++
SDK	Qualcomm AR SDK (2.2.10)	-	✓	✓	✓	✓	C/C++-Objective C, Java
SDK	SATCH (2.2.11)	-	✓	✓	✓	✓	LUA, Objective C, Java
SDK	String (2.2.12)	0-6795	✓	✓	✓	✓	Objective C

Table 1: Tabla comparativa de las principales características de las herramientas revisadas. Todas las herramientas tienen una versión gratuita, cuyas condiciones se explican en la sección correspondiente de este artículo. En la columna Tracking se utilizan las siguientes abreviaturas: Geo. = Geolocalización (GPS + Acelerómetro) y RIM = Reconocimiento de imágenes.

Casos de uso	Herramientas
Visualización de información georeferenciada	D'Fusion Studio, Juniao, Layar, Mixare, Wikitude, Magnitude, SATCH, ARViewer
Ap. interactivas con marcadores (p. e. juegos)	D'Fusion Studio, ARToolKit, Metaio Mobile, Qualcomm AR SDK, PointCloud, String
Navegadores web para RA	Juniao, Layar, Mixare, Wikitude, KHARMA, PointCloud, String
Visualización de información virtual en interiores	D'Fusion Studio, Juniao, ARToolKit, Metaio Mobile, Qualcomm AR SDK
Desarrollo de aplicaciones de carácter científico	D'Fusion Studio, ARToolKit, Metaio Mobile, Qualcomm AR SDK, Juniao, Layar
Desarrollo de aplicaciones de carácter comercial	D'Fusion Studio, Juniao, Layar, Mixare, Wikitude, AndAR, ARmsk, ARToolKit, Metaio Mobile, NyARToolKit, PointCloud, Qualcomm AR SDK, SATCH, String

Table 2: Tabla con los casos de uso sugeridos para cada una de las herramientas revisadas en el artículo. La selección de las herramientas para cada caso de uso se ha hecho teniendo en cuenta las características descritas en la sección correspondiente, por ejemplo su capacidad de utilizar datos georeferenciados o de reconocimiento de imágenes. En el caso de las herramientas para aplicaciones de carácter científico, se eligieron ya que a juicio de los autores, son las herramientas más flexibles en cuanto a la variedad de aplicaciones que se pueden desarrollar.