

Recepción: 20 de septiembre 2014

Aceptación: 11 de noviembre de 2014

Publicación: 22 de diciembre de 2014

FACTIBILIDAD TECNOLÓGICA DE APLICAR REALIDAD AUMENTADA EN LA CARRERA INGENIERÍA EN CIENCIAS INFORMÁTICAS

**TECHNOLOGY FEASIBILITY TO APPLY AUGMENTED
REALITY IN THE INFORMATICS SCIENCES ENGINEERING
CAREER**

Yenner Joaquín Díaz Núñez¹

1. Profesor. Facultad de Ciencias Informáticas de la Universidad de Granma. Departamento Web y Multimedia. Cuba. E-mail: ydiazn@udg.co.cu

RESUMEN

La Realidad Aumentada posee varias potencialidades que pueden ser aprovechadas para elevar la calidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esta investigación evalúa la factibilidad tecnológica de aplicar la Realidad Aumentada en la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas de la Universidad de Granma, mediante pruebas funcionales a un prototipo de herramienta de autor de contenidos de Realidad Aumentada. Se eligió la metáfora de visualización de espejo, el reconocimiento mediante marcadores para la identificación de la escena y OsgART como componente de software principal. El prototipo permite añadir un marcador a la escena y asociarle un número arbitrario de objetos virtuales tridimensionales previamente diseñados. Los resultados indican que es posible la aplicación de la Realidad Aumentada con aceptable calidad, si se garantiza buena iluminación en los locales y se diseñan los contenidos usando solamente las interfaces soportadas por OpenGL 1.4 o inferior. Sin embargo para lograr un impacto real es necesaria la adquisición de cámaras web recomendables para aplicaciones de Realidad Aumentada y con buen desempeño en GNU/Linux.

ABSTRACT

Augmented Reality has many affordances that can be used to enhance the quality of teaching-learning process. This research evaluates technology feasibility to apply Augmented Reality in the Informatics Sciences Engineering career of Granma University, by run tests for Augmented Reality authoring tool prototype. Mirror metaphor was selected to contents visualization, marker to scene identification and OsgART as main software component. The prototype allows adding a marker to a scene, associating it to an arbitrary number of 3D virtual objects previously designed. Results indicates that it is possible apply Augmented Reality with acceptable quality, if contents are designed only with interfaces supported by OpenGL 1.4 or lower. However, to get a real impact it is necessary to acquire recommendable webcams for Augmented Reality applications and with good performance in GNU/Linux.

PALABRAS CLAVE

Realidad Aumentada, procesos de enseñanza-aprendizaje, herramienta de autor

KEYWORDS

Augmented Reality, teaching-learning process, authoring tool

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los avances logrados en la capacidad de procesamiento de gráficos por computadoras en tiempo real, ha posibilitado la aplicación de la Realidad Aumentada (RA) en el contexto educativo. La RA ayuda a los estudiantes a aprender mejor de tres formas fundamentales: la posibilidad de mostrar texto y otros símbolos en objetos reales, la visualización de contenido virtual en contextos específicos y la posibilidad de integrar los sentidos de la vista y el tacto en la percepción de la información virtual. La RA ofrece a los estudiantes un entorno de aprendizaje innovador que facilita la asimilación de las materias y contribuye a que la educación sea experimental e interactiva al mismo tiempo, mediante la integración e interacción entre ambientes reales y virtuales y la utilización de interfaces tangibles para la manipulación de objetos (1). Además permite una mayor flexibilidad en el acceso a la información mediante la utilización de dispositivos portátiles; la representación virtual de objetos que no pueden ser utilizados en un espacio educativo por ser peligrosos, invisibles a simple vista o por limitaciones económicas y la comparación e integración de diferentes perspectivas de un objeto. Estas posibilidades de visualización facilitan la reducción de la disonancia cognitiva y por lo tanto reducen el esfuerzo necesario para comprender un problema determinado (2).

Son diversas las investigaciones que proponen la utilización de la RA en contextos educativos. En (3) los autores consideran que la RA puede ayudar a los estudiantes de medicina a comprender las estructuras anatómicas complejas con más facilidad que utilizando los métodos tradicionales; mientras en (1) se propone el uso de un sistema de RA para que los estudiantes adquieran una intuición espacial de las estructuras moleculares, habilidad clave para resolver problemas de Química. También ha sido aplicada con buena aceptación de los estudiantes en carreras como Ingeniería Mecánica (4) y con impacto positivo en la enseñanza primaria (5). Numerosas investigaciones se han realizado sobre la aplicación de la RA en la educación, desde la enseñanza primaria hasta la preuniversitaria (6).

Los estudiantes de la Facultad de Ciencias Informáticas (FCI) de la Universidad de Granma¹ presentan problemas para comprender materias recibidas en varias asignaturas de la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas. Una de las causas son las limitaciones existentes para la visualización de información, tanto por restricciones físicas como financieras. Por ejemplo, la asignatura Arquitectura de Computadora tiene entre sus objetivos principales “Caracterizar los componentes fundamentales de las computadoras modernas para su adquisición y explotación”; pero son insuficientes y antiguos los componentes disponibles en el laboratorio de hardware de la facultad. Estas limitaciones podrían ser contrarrestadas mediante la utilización de la RA, sin embargo no se cuenta en la facultad con el hardware especializado requerido ni hay dominio sobre los sistemas, librerías y marcos de trabajo utilizados en el desarrollo de este tipo de herramientas. Esta investigación tiene como objetivo evaluar la factibilidad tecnológica de aplicar la RA en el proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) de la

¹ Universidad ubicada en la provincia Granma de la República de Cuba

de la carrera Ingeniería en Ciencias informáticas de la FCI, mediante pruebas funcionales a un prototipo de herramienta de autor de contenidos de RA.

REALIDAD AUMENTADA

La RA puede definirse como una variación de la RV que permite incluir elementos virtuales al mundo real sin suplantarlos completamente. Según Milgram (7), la RA se acerca más al extremo del mundo real al generar objetos complejos de alta calidad visual y debe combinar objetos reales y virtuales de forma interactiva y en tiempo real.

Para el correcto funcionamiento de un SRA son fundamentales los siguientes procesos: capturar, identificar y visualizar la escena, mezclar la realidad con los elementos virtuales y la interacción. El proceso de captura de la escena consiste en tomar las imágenes provenientes del mundo real para su posterior análisis, mediante dispositivos como cascos y gafas de RA y cámaras de vídeo. La identificación de la escena consiste en identificar la escena real que se desea aumentar con información digital (7); este proceso se puede realizar utilizando marcadores o a través del reconocimiento de imágenes. Después se mezcla la información virtual con la escena del mundo real capturada, mediante transformaciones entre los sistemas de coordenadas de la escena virtual y de la cámara. Por último se visualizan las imágenes del mundo real con la información aumentada superpuesta, en dispositivos de visualización como monitores de computadoras de escritorio, proyectores o dispositivos móviles. La interacción permite a los usuarios manipular los contenidos virtuales presentes en una escena del mundo real a través de técnicas de detección y seguimiento de marcadores, movimientos corporales y diversos dispositivos táctiles.

CONDICIONES TECNOLÓGICAS DE LA FCI

Las actividades docentes se realizan fundamentalmente en aulas y laboratorios de computadoras. En las aulas se dispone de un televisor, una computadora de escritorio y dispositivos que permiten utilizar, además del monitor de la computadora, el televisor como dispositivo de salida de vídeo. Esta tecnología también está disponible en los laboratorios docentes junto con un promedio de 30 computadoras de escritorio. En general las computadoras tienen limitadas prestaciones en cuanto a procesamiento y memoria RAM y no poseen tarjetas gráficas. Para actividades a nivel de la facultad también se dispone de un proyector. Todas las computadoras dedicadas al proceso docente tienen instalado exclusivamente el sistema operativo GNU/Linux, específicamente Ubuntu 12.04 con soporte para OpenGL² 1.4 mediante la librería Mesa³.

Como en la facultad no se cuenta con cámaras web para el PEA, el desarrollo de esta investigación se sustenta en la posibilidad de utilizar de forma sistemática las computadoras portátiles y cámaras web personales de profesores y estudiantes de la facultad. Estas computadoras portátiles están equipadas con cámaras web de aceptable calidad y en algunos casos tienen procesadores gráficos que soportan versiones superiores de OpenGL.

² Interfaz de software para hardware gráfico

³ Implementación libre por software de OpenGL

DISEÑO

Para comprobar la factibilidad tecnológica de aplicar la RA en el PEA de la FCI, se desarrolló una herramienta de autor de contenidos de RA para profesores sin competencias de programación. Esta herramienta tiene funcionalidades básicas que permiten crear un contenido de RA y al mismo tiempo visualizarlo. Para la identificación y seguimiento de la escena se utilizaron marcadores fidedignos por ser la técnica menos costosa computacionalmente. La realidad es enriquecida con objetos virtuales 3D que se superponen en los marcadores físicos presentes en la imagen del entorno real.

Para la creación del contenido de RA el profesor debe gestionar el marcador y los objetos virtuales que se superpondrán en este. Hay cuatro marcadores disponibles en el prototipo, pero solamente puede estar activo uno para el seguimiento. Para asociar un objeto virtual al marcador activo, es necesario buscar en el sistema de ficheros del sistema operativo el modelo 3D que lo describe. Se puede asociar un número ilimitado de objetos virtuales. Durante la visualización de la escena de RA es posible, sin interrumpir la secuencia de vídeo, seleccionar de forma secuencial y cíclica un objeto virtual del conjunto de objetos asociados al marcador.

Para la visualización de los contenidos de RA se seleccionó la metáfora de espejo (6), teniendo en cuenta que se dispone de computadoras de escritorio para las actividades docentes. Como dispositivo de visualización se puede utilizar el monitor de las propias computadoras y/o un televisor. Esta configuración también requiere una cámara web para capturar las imágenes del entorno real.

El prototipo clasifica como una aplicación de escritorio, tiene interfaces de usuario gráficas y está desarrollado con un conjunto de librerías libres que permiten la instalación en múltiples plataformas. El elemento principal de la arquitectura de software es la librería osgART, extensión de la librería gráfica OpenSceneGraph (OSG) para la construcción de aplicaciones de RA. Por lo tanto es posible adicionar objetos virtuales descritos en cualquiera de los formatos 3D soportados por OSG. Para realizar el seguimiento de los marcadores y la calibración de la cámara web se utilizó ArtoolKit⁴ configurada con Gstreamer⁵ para capturar las imágenes del mundo real; Qt⁶ fue utilizado esencialmente en la construcción de las interfaces de usuario.

⁴ Conjunto de librerías para la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada

⁵ Marco de trabajo para desarrollar aplicaciones multimedia

⁶ Marco de trabajo para desarrollar aplicaciones de escritorio con interfaces de usuario gráficas

PRUEBAS

Se diseñaron contenidos de RA para apoyar la explicación de conceptos claves de la asignatura Programación de Gráficos por Computadoras tales como: transformaciones, rasterización, modelos de coloreado y mapeo de texturas. Para explicar cada uno de estos conceptos se diseñaron escenas virtuales representativas. Todos los contenidos fueron diseñados teniendo en cuenta la versión de OpenGL soportada por el hardware disponible. Fue utilizado el marcador conocido como *Hiro* con una dimensión de 80x80 milímetros. El marcador fue impreso en papel y reforzado con una cartulina. En la Tabla 1 se lista el hardware y software utilizado en las pruebas y en la Tabla 2 las propiedades de las cámaras web.

característica/configuración	Configuración 1	Configuración 2
sistema operativo	Ubuntu 12.04	Debian 7
OpenGL	2.1.2 NVIDIA 304.88	3.3.0 NVIDIA 304.117
Gstreamer	0.10.36	0.10.36
video4linux1 ⁷	0.8.6	0.8.6
gspca2 ⁸	2.14.0	2.14.0
OSG	3.0.1-2	3.0.1-2
osgART	2.0.1	2.0.1
ARtoolKit	2.72.1	2.72.1
CPU	AMD Sempron Processor LE-1250	AMD Sempron Processor
RAM	1GB	2GB
vídeo	GeForce 6150SE nForce 430	GeForce 8200 MG
cámara web	Z-Star Microelectronics Corp. ZC0305, Logitech, Inc. QuickCam Messenger Plus	CNF7047

Tabla 1: Hardware y software utilizado en las pruebas. Fuente propia

propiedad/cámara web	Z-Star Microelectronics Corp ZC0305	Logitech, Inc. QuickCam Messenger Plus	CNF7047
driver	zc3xx	STV06xx	uvcvideo
versión del driver	3.2.51	3.2.51	3.2.54
ancho/alto	320/240	324/240	640/480
formato de los píxeles	JPEG	GRBG	YUYV
espacio de colores	JPEG (JFIF/ITU601)	SRGB	SRGB
Fotogramas por segundo	inválido	inválido	22

Tabla 2: Propiedades de las cámaras web. Fuente propia

⁷ Colección de librerías que proveen una capa de abstracción del subsistema de video del kernel linux

⁸ Driver de cámara de vídeo USB

RESULTADOS

Con la configuración 1 es necesario garantizar una buena iluminación para lograr una aceptable detección y seguimiento del marcador. Cuando no hay luz solar y la iluminación artificial es escasa resulta complicado detectar el marcador y más aún lograr el seguimiento. Una vez detectado el marcador es necesario realizar pequeños cambios de posición y orientación del marcador para garantizar el seguimiento. También es recomendable especificar en la variable de entorno ARTOOLKIT_CONFIG una resolución de vídeo de 320x240; si se utiliza una mayor resolución, decrece el número de fotogramas por segundo y se afecta el seguimiento.

Ambas cámaras fueron calibradas con las aplicaciones utilitarias que se distribuyen con el propio Artoolkit para este fin, pero no se observó una mejoría significativa en el seguimiento del marcador. El marcador fue reconocido a una distancia máxima aproximada de 2,25 metros y hasta 2 metros se pudo realizar el seguimiento pero con muchas dificultades.

Si el modelo que se carga tiene un factor de escala, su visualización resulta muy inestable. Pequeños cambios de posición del marcador provocan transformaciones desproporcionadas en el objeto virtual; incluso sin mover el marcador, el objeto sufre pequeñas transformaciones continuas y cíclicas. Mientras mayor es el factor de escala mayor es la inestabilidad en la visualización de los modelos. Se pudo lograr una mayor estabilidad, seleccionando en ARToolkit la información de la imagen previa, como condición inicial para optimizar la búsqueda de la matriz de transformación de las coordenadas del marcador a las coordenadas ideales de la cámara. Estos resultados son razonables teniendo en cuenta la mala calidad de las imágenes capturadas por ambas cámaras web. Además de la pequeña resolución soportada, los drivers generan imágenes muy oscuras e insuficientes para lograr una secuencia de vídeo fluida.

Con la configuración 2 los resultados en la detección y seguimiento fueron mejores; incluso en locales con mala iluminación se obtuvieron resultados aceptables en el seguimiento del marcador. Se pudo apreciar una situación similar a la observada en la visualización de los objetos escalados cuando el marcador se alejaba de la cámara web.

Con ambas configuraciones se pudo comprobar que los reflejos en la superficie del marcador afectan la detección del marcador. Todos los elementos de los contenidos de RA diseñados se visualizaron satisfactoriamente y los objetos sufrieron las transformaciones acordes a la posición y orientación del marcador, pero con las situaciones de inestabilidad descritas anteriormente.

DISCUSIÓN

Las cámaras web que se pudieran gestionar para el proceso docente tendrían probablemente características similares a las utilizadas en la configuración 1, y aún con la disponibilidad de las cámaras web de las computadoras portátiles que capturan imágenes de mejor calidad, mayoritariamente se utilizarían cámaras que no cumplen los requerimientos de una aplicación de RA. Por lo tanto, resulta indispensable asegurar buena iluminación en las aulas y laboratorios docentes para reducir el impacto de la insuficiente calidad de las imágenes.

La inexistencia de procesadores gráficos afecta el rendimiento del proceso de renderización e impide la utilización de efectos especiales avanzados disponibles en las versiones actuales de OpenGL; sin embargo la librería Mesa permitiría la ejecución de contenidos de RA interactivos de aceptable calidad visual, que faciliten el aprendizaje e incrementen la motivación de los estudiantes. En la facultad se han desarrollado varias aplicaciones gráficas 3D utilizando OpenGL con balance satisfactorio entre funcionalidades y rendimiento. Los contenidos de RA pueden ser desarrollados por los propios estudiantes y profesores de la especialidad de informática de la facultad, a partir del diseño instructivo y pedagógico del profesor de la materia a la cual pertenece el contenido. Este diseño debe tener en cuenta la limitación de distancia entre el marcador y la cámara para minimizar la inestabilidad en la detección del marcador y la versión de OpenGL.

Sin embargo, para lograr una aplicación viable de la RA y la generalización a todas las asignaturas que puedan beneficiarse de sus potencialidades, es necesaria la adquisición de cámaras web adecuadas para la implementación de este tipo de aplicaciones. Las cámaras web deben ser compatibles con los drivers de Linux⁹ y tener un buen desempeño (la calidad de las imágenes de las cámaras web utilizadas en la configuración 1 fue considerablemente mejor utilizando los drivers de los fabricantes para el sistema operativo Windows). Para ampliar a corto plazo el alcance de la aplicación de la RA, podrían realizarse pruebas similares en dispositivos móviles; varios estudiantes y profesores de la facultad poseen teléfonos inteligentes y tabletas electrónicas con buena capacidad de procesamiento gráfico. En investigaciones futuras se probarán las librerías libres compatibles con GNU/Linux para el desarrollo de aplicaciones de RA, con el objetivo de comparar su eficacia con respecto a ARToolkit; aunque esta es la librería más utilizada, el desarrollo de su versión libre está discontinuado.

⁹ Núcleo utilizado por diversos sistemas operativos

CONCLUSIONES

A pesar de la carencia de cámaras web recomendables para aplicaciones de RA y de procesadores gráficos en la FCI, es factible aplicar la RA en el PEA con resultados aceptables, si se garantiza buena iluminación en los locales y se diseñan los contenidos usando solamente las interfaces de OpenGL 1.4 o inferior. La propia facultad puede asumir el desarrollo de los contenidos de RA y las herramientas de autor necesarias. Sin embargo, para lograr la utilización sistemática de la RA en la facultad y lograr un impacto real en el PEA, al menos es necesaria la adquisición de cámaras web acordes a este tipo de aplicaciones y con buen desempeño en GNU/Linux. El soporte a dispositivos móviles como dispositivo de visualización ampliaría a corto plazo el alcance y flexibilidad de la aplicación de esta tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Singhal S, Bagga S, Goyal P. “Augmented Chemistry: Interactive Education System”. *International Journal of Computer Applications*. 2012; 49(15):1–5.
2. Munnerley D, Bacon M, Wilson A, Steele J, Hedberg J, Fitzgerald R. “Confronting an augmented reality”. *ALT-C 2012 Conference Proceedings*. 2012. p. 48.
3. Chien C, Chen C, Jeng T. “An Interactive Augmented Reality System for Learning Anatomy Structure”. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*. Hong Kong; 2010.
4. Maqableh WF, Sidhu MS. “Preliminary Evaluation of using Augmented Reality as a Dynamic Simulation Learning Tool for Linkage Mechanisms”. *International Journal of Computer Applications*. 2012; 58(4):19–23.
5. Salvador-herranz G, Ortega M, Soto E, Contero M. “Manipulating Virtual Objects With Your Hands: A Case Study on Applying Desktop Augmented Reality at the Primary School”. *46th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2013.
6. Santos MEC, Chen A, Taketomi T, Miyazaki J, Kato H. “Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation”. *IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES*. 2013.
7. Milgram P, Kishino F. “A taxonomy of mixed reality visual displays”. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*. 1994; 77(12).