

Enl@ce: Revista Venezolana de Información,
Tecnología y Conocimiento
ISSN: 1690-7515
Depósito legal pp 200402ZU1624
Año 9: No. 2, Mayo-Agosto, pp. 69-78

Cómo citar el artículo (Normas APA):
Fabregat, R. (2012). Combinando la realidad aumentada con
las plataformas de e-learning adaptativas. *Enl@ce
Revista Venezolana de Información, Tecnología y
Conocimiento*, 9 (2), 69-78

Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas¹

*Ramón Fabregat Gesa*²

Resumen

Los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) y la Realidad Aumentada forman parte de las tecnologías con mayor potencial en la enseñanza y de los procesos de aprendizaje. El objetivo de este trabajo es explicar cómo combinar la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas, para ponerlas a disposición de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, de manera que les permita beneficiarse de la relación con los objetos en el espacio que los rodea, lo que conlleva a que los entornos de e-learning adaptativos permitan un aprendizaje más personalizado y de esta manera, permitir al estudiante avanzar al ritmo de sus propias capacidades e intereses.

Palabras clave: Sistemas Hipermedia Adaptativos, e-learning, m-learning, modelado de usuario, realidad aumentada, dispositivos móviles

Recibido: 22-09-11 Aceptado: 12-03-12

¹ Ponencia presentada en el IV Simposio Las Sociedades ante el Reto Digital organizado por la Universidad del Norte en Barranquilla, Colombia, los días 30 y 31 de marzo de 2011, la cual forma parte de un trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto "A2UN@: Accessibility and Adaptation for ALL in Higher Education" (TIN2008-06862-Co4-02/TSI)

² Ingeniero en computación, PhD en Tecnologías de la Información. Profesor del departamento de Ingeniería Eléctrica, Ciencias de la Computación y Control Automático e investigador del Instituto de Informática y Aplicaciones de la Universidad de Girona (España). Miembro del Grupo de Comunicacions en Banda Ancha i Sistemes Distribuïts Departament d'Electrònica, Informàtica i Automàtica, Institut d'Informàtica i Aplicacions, Escola Politècnica Superior, Universitat de Girona.
Correo electrónico: ramon.fabregat@udg.edu

Combining Augmented Reality and Adaptive E-Elearning Platforms

Abstract

Adaptive Hypermedia Systems (HMS) and Augmented Reality are among the most promising technologies in teaching and learning processes. The aim of this paper is to explain how to combine augmented reality with platforms adaptive e-learning to make them available to students in the learning process, so enabling them to benefit from the relationship with the objects in the space around them, leading to the e-learning environments adaptive allow more personalized learning and thus enable the student to keep pace with their own abilities and interests.

Keywords: Adaptive Hypermedia Systems, e-learning, m-learning, User Modeling, Augmented Reality, Mobile Devices

Introducción

El uso de plataformas de e-learning como herramienta para apoyar el proceso de aprendizaje se ha convertido en una tendencia internacional cuyo propósito es el de motivar la consecución de las competencias deseadas de los estudiantes, como actores principales del proceso educativo.

El reto de personalizar el proceso de aprendizaje al estudiante significa la posibilidad de adquirir conocimiento a través de la experiencia y la experimentación (aprendizaje activo) vinculado a situaciones o hechos concretos de la vida diaria (aprendizaje situado) o a través de medios que direccionen sus características y necesidades (personalización). Mediante el uso de las tecnologías de la información, los procesos de formación han dejado de tener límites de espacio o tiempo, debido a que en la actualidad los estudiantes aprenden no

sólo con los materiales tradicionales disponibles, sino que también lo hacen con las destrezas relacionadas con el encontrar, evaluar e interpretar los contenidos que estudian cuando se relacionan con el mundo real.

En el “Informe Horizont 2011” (Johnson, Smith, Willis, Levine, y Haywood, 2011) elaborado en su edición internacional en colaboración entre el New Media Consortium (NMC) y la EDUCASE Learning Initiative (ELI) - se describen seis tecnologías o prácticas emergentes con mayor potencial de impacto en la enseñanza, el aprendizaje, la investigación y la expresión creativa en el ámbito educativo global. Entre estas tecnologías se encuentran la realidad aumentada y la computación móvil.

El objetivo de este artículo es explicar como podemos combinar la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas para que los

estudiantes en su proceso de aprendizaje se pueden beneficiar de la relación que tienen los objetos del espacio que los rodea con los conceptos aprendidos y adquirir destrezas para interpretar el conocimiento con experiencias y la experimentación en el mundo real (Fabri, Falsetti, Iezzi, Ramazzotti, Viola, Leo, 2008). Además, durante el proceso de enseñanza se podrán integrar materiales altamente interactivos en situaciones y entornos donde la descripción de los objetos, su funcionamiento y los conceptos relacionados a ellos son complejos de explicar y conllevan un esfuerzo mayor en su aprendizaje.

Durante los últimos años ha habido una tendencia en combinar las tecnologías móviles con la realidad aumentada para lograr la creación de aplicaciones de realidad aumentada que se benefician de las características de portabilidad y acceso inmediato a la información que se logran con los dispositivos móviles (Papagiannakis; Singh, y Magnenat-Thalmann, 2008 y Liestøl, 2010). Sin embargo, esta combinación y su aplicación en escenarios educativos sigue siendo un área abierta de investigación. No existen lineamientos para la descripción de contenidos educativos basados en técnicas de realidad aumentada, ni metodologías para el diseño y creación de estos materiales altamente interactivos para que con ellos se pueda lograr un aprendizaje personalizado en cualquier lugar y en cualquier momento.

En un entorno educativo, la creación de aplicaciones de realidad aumentada proporciona a los estudiantes información adicional sobre su entorno o una guía visual para la realización de una tarea (Donggang; Sheng; Suhuai; Lai; y Huang,

2010). La integración de este tipo de aplicaciones en un proceso de aprendizaje adaptativo y accesible permitiría presentar al estudiante contenidos altamente interactivos personalizados a sus características y necesidades, y que de esta manera pueda interpretar los contenidos y relacionarlos con el mundo real.

De manera que en este trabajo se introducen los sistemas hipermedia educativos adaptativos, se explica la repercusión que tiene el auge de la utilización de los dispositivos móviles en la educación; y posteriormente se introduce el concepto de realidad aumentada, la cual describe las diferentes tareas que se deben realizar y las técnicas utilizadas para llevarlas a cabo. Luego se explican algunas implicaciones de la utilización de la realidad aumentada en el proceso de enseñanza-aprendizaje; y finalmente se presentan las conclusiones y algunas líneas de investigación futuras.

Sistemas hipermedia educativos adaptativos

La diversidad de factores que cada alumno presenta (nivel de conocimiento, habilidades previas, el contexto, trasfondo cultural, genero, estilo de aprendizaje, etc.) condicionan su manera de aprender y provoca que la misma metodología educativa que es idónea para unos alumnos sea totalmente inadecuada para otros. Por este motivo, la adaptación a las necesidades concretas de cada alumno (aprendizaje adaptativo o personalizado) en las plataformas de e-learning se ha convertido en un punto clave para estimular el proceso de aprendizaje.

Para poder realizar estas adaptaciones es necesario tener en cuenta cómo se va a modelar al usuario y qué elementos hay que personalizar (contenidos, información de aprendizaje, flujos de aprendizaje, interfaces de usuario, etc.). Pero la diversidad de rasgos y aspectos que se deben tener en cuenta es un punto crítico (Brusilovsky, y Millan, 2007) que los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) intentan superar. Los SHAs pueden ser utilizados para conocer las características de los usuarios del sistema para que éste pueda adaptarse por sí mismo a las características inferidas de cada usuario.

Los elementos característicos de un SHA son: a) un modelo de usuario, el cual representa la información de un usuario particular que es esencial para poder llevar a cabo la adaptación; y b) un proceso de adaptación, el cual es el mecanismo que toma las decisiones de adaptación de acuerdo al modelo de usuario (Brusilovsky y Millan, 2007).

En el ámbito informático, el contexto es definido como cualquier información que puede ser utilizada para caracterizar la situación de una entidad que participa en la interacción entre un usuario y un sistema (Dey y Abowd, 2000). En el aprendizaje apoyado por las tecnologías, el contexto puede ser clasificado y modelado para describir los elementos que pueden participar en la interacción entre los estudiantes y profesores con los sistemas educativos (Derntl y Hummel, 2005; Strang, y Linnhoff-Popien, 2004; Baldauf, Dustdar y Rosenberg, 2007).

La integración de la metodología de los SHAs en las plataformas de e-learning, conocidas como plataformas de e-learning adaptativas, ha

demostrado ser una excelente solución que permite guiar la navegación a través del contenido, personalizar la información entregada y conocer las necesidades y preferencias de los usuarios (Tiarnaigh, 2005).

En los sistemas hipermedia educativos adaptativos, en los que se estudia como personalizar los componentes involucrados en el proceso de enseñanza y aprendizaje a través del uso de las TIC (Brusilovsky, y Millan, 2007), considerar la información del contexto implica ayudar a los estudiantes a crear mapas mentales de la información y los contenidos que están visualizando (ya sea recomendándoles o adaptándoles las actividades, recursos y herramientas de aprendizaje) para que puedan seguir una secuencia de las actividades que les permita (en cualquier lugar y en cualquier momento) adquirir el conocimiento y alcanzar los objetivos definidos por el profesor.

El modelado del usuario basado en el contexto trata sobre el almacenamiento y representación de la información contextual de los usuarios (profesores y estudiantes) y sobre el emparejamiento de esta información y los usuarios con estrategias de adaptación apropiadas. Sin embargo, al considerar el apoyo de las tecnologías de la realidad aumentada y la diversidad de características individuales de los usuarios es necesario tener en cuenta las preferencias de interacción con los sistemas educativos.

Aprendizaje móvil

La ubicuidad del aprendizaje es un logro que se debe básicamente a la tecnología móvil,

la cual a través de los años ha venido mejorando técnicamente, en cuanto a capacidades computacionales y de comunicación de los dispositivos móviles. De esta forma se han convertido en plataformas muy valiosas para apoyar el aprendizaje y han permitido generar entornos de aprendizaje informal, situado y móvil.

El número de dispositivos móviles disponibles en el mercado se ha incrementado enormemente en las últimas dos décadas. Con la computación móvil y la aplicación de métodos y mecanismos de adaptación, la variedad de posibilidades de acceso a la información puede ser personalizada, gracias a la identificación de las capacidades y de las limitaciones que presentan las tecnologías móviles [Jäppinen; Nummela; Vainio, y Ahonen, 2004], y a la recuperación de las características personales, preferencias de acceso y necesidades de movilidad de los usuarios en diferentes situaciones (Kinshuk; Graf y Yang, 2009). La portabilidad de estos dispositivos y su capacidad de conectarse a internet desde casi todas partes, los convierte en unos aparatos ideales para habilitar procesos de aprendizaje ubicuos, para almacenar materiales de referencia y de experiencias de aprendizaje, y para acceder a recursos de referencia en tiempo real.

Los dispositivos móviles combinan herramientas y servicios que pueden ser accedidos en cualquier momento y en cualquier lugar. Debido a esta ventaja se han intentado integrar al proceso de aprendizaje y enseñanza, proponiendo un aprendizaje móvil (m-learning en inglés) en el cual los estudiantes pueden realizar las tareas en diferentes situaciones y cambiando la forma en la que

usualmente completan las actividades (Traxler, 2009).

Diferentes actividades de aprendizaje se podrían categorizar como m-learning: las que proveen la oportunidad de adquirir el conocimiento en entornos diferentes a los de un aula de clase o las que se pueden realizar en entornos formales de educación y son apoyadas por el uso de tecnologías móviles.

El m-learning se ha caracterizado por tres diferentes enfoques: (1) el uso de dispositivos móviles, (2) el aprendizaje fuera del aula de clase y (3) la necesidades de movilidad del estudiante (Pachler, Bachmair y Cook 2010). Hasta el momento, la aplicación del m-learning se ha enfocado mas en la definición de actividades de enseñanza y aprendizaje en el aula de clase reforzadas por el uso de herramientas proveídos por los dispositivos móviles que en la personalización del proceso de aprendizaje involucrando el acto de movilidad y las características de la ubicación (el entorno real) para el apoyo de un aprendizaje contextual y situado.

Pero el m-learning tiene significado cuando es considerada la combinación de los tres enfoques: aplicar las herramientas de los dispositivos móviles para proveer lo que los estudiantes necesitan en diferentes situaciones de aprendizaje (es decir, la información relevante o la activación de servicios para asistir y apoyar el proceso de aprendizaje en cualquier lugar y en cualquier momento).

Realidad aumentada

Las raíces de la realidad virtual se pueden encontrar en los años 50 cuando Douglas Engel-

bart, un ingeniero eléctrico y anteriormente técnico de radares en la marina, pensó que los gigantes ordenadores de los que se disponía en esos momentos además de ser utilizados únicamente por personas especializadas en lenguajes de programación podían ser utilizados de otras maneras. En lugar de usarlos para calcular infinidad de números se podían utilizar para mostrar entornos digitales si se les conectaba una pantalla como las que tenían los radares. Posteriormente esta tecnología se popularizó, entre otros, por los seguidores de la ciencia ficción y de los videojuegos que vieron en ella la posibilidad de crear una realidad alternativa donde jugar, vivir y experimentar. Un consumidor natural de los gráficos por ordenador era la industria del entretenimiento, que como los militares, consiguieron grandes éxitos en el mundo de la realidad virtual. Algunos de los efectos especiales más espectaculares de Hollywood, fueron generados por ordenador, como son algunas de las escenas de “La guerra de las galaxias”. Mas adelante, otras películas perfeccionaron estos efectos por ordenador hasta límites insospechados. Sin embargo, la explosión más contundente se origina en el negocio del video juego.

Por otra parte, a principios de los años 90, el investigador Tom Caudell de la empresa Boeing acuñó el término realidad aumentada para describir una pantalla que usarían los técnicos electricistas de esa compañía mientras trabajaban en el ensamblado de diversos cables en un avión. En este dispositivo tendrían en el mundo real información complementaria que les permitiera distinguir unos cables de otros y aumentar la eficiencia de su trabajo al facilitarles la operativa

que debía seguir para llevar a cabo las tareas que realizaban.

Un sistema de realidad aumentada permite combinar los objetos del mundo real con objetos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real (Azuma; Baillot; Behringer; Feiner; Julier, y MacIntyre, 2001). De acuerdo con Azuma un sistema de realidad aumentada tiene las siguientes características:

- Combina lo real y lo virtual. La información digital es combinada con la realidad.
- Funciona en tiempo real. La combinación de lo real y lo virtual se hace en tiempo real.
- Registra en tres dimensiones. En general la información aumentada se localiza o “registra” en el espacio. Para conservar la ilusión de ubicación real y virtual, ésta última tiende a conservar su ubicación o a moverse respecto a un punto de referencia en el mundo real.

Las aplicaciones de realidad aumentada utilizan información e imágenes generadas por computador que son superpuestas en el campo de visión de los usuarios. Por ejemplo, sobre la imagen de un monumento que capta la cámara del vídeo del móvil aparece sobreimpresionada una etiqueta flotante con información, o sobre la imagen captada de una persona manipulando un marcador se visualiza un objeto virtual con el que podemos interactuar. Aunque normalmente la información aumenta suele ser visual, también podría referirse a información auditiva, olfativa o táctil.

En lugar de crear mundos con los ordenadores (realidad virtual) lo que realmente es útil es ver en el mundo real toda la información que tene-

mos en los ordenadores y que podemos hacer visible (realidad aumentada). En muchos casos esta información la tenemos etiquetada y georeferenciada por lo que es posible crear una capa latente que pueda ser utilizada por algunos dispositivos. La información está ahí y tenemos dispositivos que la pueden leer pero se nos plantea el reto de “conocer qué queremos ver y como la queremos representar”. Es importante filtrar la información que hay teniendo en cuenta el contexto del usuario (geoposicionamiento, preferencias, dispositivo de acceso, etc.). La realidad aumentada permite ligar lo que el usuario busca o prefiere con la información que se tiene.

El auge actual de las aplicaciones de realidad aumentada se debe a que están al alcance de todos, a que son sencillas y a que pueden ser llevadas a la vida cotidiana. Por ejemplo, estas aplicaciones permiten: ver como te quedan unas gafas o un vestido, como queda un mueble en el salón de tu casa, saber que monumento estamos contemplando y tener información complementaria del mismo, conocer que restaurantes tenemos cerca y cual es la opinión de otros clientes, manipular un objeto que realmente no tenemos en nuestras manos, etc. Antes era necesario tener equipos muy costosos para poder visualizar los contenidos digitales sobre la escena real, pero actualmente esto se puede hacer desde cualquier dispositivo móvil de última generación. En algunos casos, a la realidad aumentada que utiliza dispositivos sencillos y accesibles (teléfonos móviles, ordenadores, cámaras web, etc.) se le ha denominado “realidad aumentada simple”, pero en la actualidad no se acostumbra a hacer esta distinción.

Diversos elementos intervienen en un entorno de realidad aumentada: los dispositivos de visualización, los dispositivos para la obtención y tratamiento de los datos del entorno, y la interface de interacción con el usuario.

- Los dispositivos de visualización se encargan de mezclar datos superponiendo elementos virtuales sobre la realidad o mezclando objetos virtuales con el flujo de vídeo de la realidad capturada por una cámara. Los dispositivos de visualización pueden ser una gafas, un dispositivo de mano, un monitor o la proyección de objetos virtuales.
- Para la obtención y tratamiento de datos del entorno es importante realizar un seguimiento utilizando sensores (por ejemplo GPS, sensores inerciales y brújulas) y técnicas de visión por computador. También es necesario hacer la alineación para obtener el posicionamiento del punto de vista del usuario respecto al mundo y de esta forma poder construir la escena aumentada.
- Como interface de interacción con el usuario se pueden utilizar marcadores tangibles o una interface natural analizando las extremidades del usuario. En ambos casos, los movimientos se traducen en la interacción del usuario con los elementos virtuales.

En todo sistema de realidad aumentada es necesario realizar cuatro tareas:

1. *Captación de la escena.* Una de las tareas más importantes en cualquier sistema de realidad aumentada es identificar el escenario que queremos aumentar. Si realizamos reconocimiento

visual debemos tener un dispositivo que permita obtener la escena que posteriormente será procesada.

2. *Identificación de la escena.* Esta tarea consiste en averiguar qué escenario físico real es el que el usuario quiere que se aumente con información digital. Este proceso puede realizarse utilizando marcadores o sin utilizarlos. Un marcador es objeto cuya imagen es conocida por el sistema pero el número de marcadores que puede reconocer un sistema de este tipo no es ilimitado. Para ser reconocido se pueden utilizar diversos mecanismos. Cuando no se utilizan marcadores es posible identificar la escena mediante reconocimiento de imágenes o mediante la estimación de la posición. En este caso el reconocimiento del escenario se realiza utilizando el GPS y la brújula para determinar que es lo que está viendo el usuario. Hay que tener en cuenta que con la tecnología GPS sólo se obtiene un posicionamiento fiable en entornos al aire libre.
3. *Mezclar la realidad y la información aumentada.* Esta tarea consiste en sobreponer sobre la escena real capturada con la información digital que se quiere aumentar. Habitualmente esta información aumentada es de tipo visual (elementos 2D o 3D) pero también podría ser auditiva. Existen diversas librerías para realizar esta tarea, por ejemplo ARToolkit, ARToolkitPlus y JARToolKit.
4. *Visualizar.* Es la última tarea que se realiza y se puede hacer tanto en sistemas de bajo coste como dispositivos móviles o ordenadores personales o en sistemas de alto coste como por

ejemplo los Head Up Displays (HUDs). Entre los sistemas de bajo coste una de las aplicaciones más utilizadas es Layar que permite utilizar teléfonos móviles para visualizar información digital sobre un entorno real.

Realidad aumentada en el proceso de enseñanza-aprendizaje

En educación, la capacidad para simular situaciones y experiencias que no sean posibles en el mundo real permite el aprendizaje de una forma más intuitiva e interactiva. Por ejemplo, imaginar un problema complejo de física o un experimento de química puede tener una gran dificultad para el estudiante. Pero la realidad aumentada puede ser una herramienta alternativa en la enseñanza y en la superación de estas dificultades. Esta tecnología permite que los estudiantes experimenten pensamientos, emociones y conductas similares a las que viven en una situación en la vida real. Pero para poder aprovechar el gran potencial de la realidad aumentada en los procesos de aprendizaje tiene que estar cuidadosamente en sintonía con los modelos pedagógicos y los estilos de aprendizaje individuales de los estudiantes que participen en una experiencia de aprendizaje específica.

Combinando la computación móvil con técnicas de realidad aumentada, se crea un gran potencial para proporcionar experiencias de aprendizaje contextual e “in situ” valiosas y de exploración y descubrimiento fortuito de la información conectada en el mundo real. La experiencia de interactuar con estos contenidos se espera que

sea particularmente beneficiosa para aquellos estudiantes que requieren un nivel de exploración mayor.

La utilización de la información contextual y la inclusión de tecnologías de realidad aumentada permiten proponer nuevos escenarios de aprendizaje. Esto conlleva un cambio en la descripción de actividades de aprendizaje (incluyendo elementos relacionados al contexto que apoyen el proceso de aprendizaje en cualquier momento y en cualquier lugar) y la construcción de materiales educativos altamente interactivos y accesibles para reforzar el interés en la adquisición del conocimiento y la relación de los conceptos aprendidos con recursos del entorno.

La creación de contenidos altamente interactivos basados en realidad aumentada apoya el proceso de aprendizaje de diversas formas, entre ellas brindando soporte a la adquisición de conocimientos procedimentales que son esenciales para relacionar y entender los conceptos aprendidos mediante la interacción con los recursos que se encuentran alrededor del individuo, es decir, que hacen parte de su entorno real.

Estos contenidos pueden ser llegar a ser sorprendentes y provocar un gran interés y curiosidad. Pero es importante separar el efecto provocado por esta novedad del verdadero beneficio potencial que estos contenidos pueden tener en la mejora de la educación. El diseño e integración de este tipo de contenidos en diferentes contextos de aprendizaje para cualquier estudiante es actualmente un desafío de investigación pues es necesario ser capaces de imaginar actividades pedagó-

gicas que realmente utilicen todo el potencial que tiene la tecnología de la realidad aumentada y que consigan que estos contenidos se adapten dinámicamente a las características de los estudiantes que los están utilizando.

Conclusiones y trabajos futuros

La utilización de las tecnologías emergentes (realidad aumentada y computación móvil) (Johnson, Smith, Willis, Levine, y Haywood, 2011) en los entornos de e-learning adaptativos permiten un aprendizaje más personalizado y que cada estudiante vaya avanzando al ritmo de sus propias capacidades e intereses.

Sin embargo, estas tecnologías pueden ser en muchos casos inaccesibles para determinados estudiantes. Es por ello que muchos de los problemas en el proceso de enseñanza/aprendizaje de estudiantes con algunas necesidades especiales de educación (NEE) están relacionados con la no accesibilidad y usabilidad de las herramientas ofrecidas para el apoyo del aprendizaje. Como trabajo futuro es importante analizar la contribución de estos entornos al desarrollo del aprendizaje para todos, adaptado y personalizado a las características de los usuarios, y como influyen en la inclusión de aquellos estudiantes que teniendo diferentes problemas de aprendizaje causados entre otros motivos por el lugar de trabajo, el lugar donde residen, su edad, discapacidades físicas o psicológicas, dificultades específicas de aprendizaje, deficiencias culturales, etc. encuentran en el e-learning la solución a estos problemas.

Bibliografía

- Azuma, R.; Bailiot, Y.; Behringer, R.; Feiner, S.; Julier, S. y MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Comput. Graph. Appl.* 21, 6 (Nov./Dec. 2001), 34-47.
- Baldauf, M.; Dustdar, S. y Rosenberg, F. (2007). A survey on context-aware systems. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 2(4), Inderscience 263277.
- Brusilovsky, P. y Millan, E. (2007). User Models for Adaptive Hypemedia and Adaptive Educational Systems. *The Adaptive Web*, LNCS 4321, pp. 3-53, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Derntl, M. y Hummel, K. (2005). Modeling context-aware elearning scenarios, *Proc. of the Third International Workshop on Pervasive E-Learning*.
- Dey, A. y Abowd, G. (2000). Towards a better understanding of context and context-awareness. *Proc. of the workshop on The What, Who, Where, When, Why and How of Context-awareness (CHI 2000)*, Netherlands, 2000.
- Donggang, Y.; Sheng, J.; Suhuai, L.; Lai, W. y Huang, Q. (2010). A Useful Visualization Technique: A Literature Review for Augmented Reality and its Application, limitation & future direction. *Visual Information Communication*, pp. 311-337.
- Fabri, D.; Falsetti, C.; Iezzi, A.; Ramazzotti, S.; Viola, S. y Leo, T. (2008). Virtual and Augmented Reality, *Hand book on Information Technologies for Education and Training*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 113-132.
- Johnson, L.; Smith, R.; Willis, H.; Levine, A. y Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report*. Austin, Texas, The New Media Consortium.
- Jäppinen, A.; Nummela, J.; Vainio, T. y Ahonen, M. (2004). Adaptive Mobile Learning Systems- The Essential Questions from the Design Perspective. *Proc. of MLearn*, Italy, pp. 109-112.
- Kinshuk, M.; Graf, S. y Yang, G. (2009). Adaptivity and Personalization in Mobile Learning. *Technology, Instruction, Cognition and Learning (ITICL)*.
- Liestøl, G. (2010). Augmented Reality & Mobile Learning – some Lessons Learned, *Proc. of the 9th World Conference on Mobile and Contextual Learning (MLEARN, 2010)*, M. Montebello, V. Camilleri, A. Dingli (eds.), 2010, pp. 322-326.
- Pachler, N.; Bachmair, B. y Cook, J. (2010). *Mobile learning: Structures, agency, practices*, New York, Springer, 2010.
- Papagiannakis, G.; Singh, G. y Magnenat-Thalmann, N. (2008). A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. *Journal of Computer Animation and Virtual Worlds*. Vol. 19, No. 1, pp. 3-22, 2008.
- Strang, T. y Linnhoff-Popien, C. (2004). A Context Modeling Survey, *First international Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management, UbiComp*.
- Tiarnaigh, M. (2005). Adaptive Moodle: An intergration of Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) with an AHS (Adaptive Hypermedia System). *PhD Thesis*.
- Traxler, J. (2009). Current State of Mobile Learning. En M. Ally ed. *Mobile Learning: Transforming the Delivery of Education and Training*. Edmonton, Athabasca Univ. Press. pp. 9-24.