

Recibido: 03 de febrero de 2011
Aceptado: 02 de mayo de 2011**FUNDAMENTAL TASKS IN AUGMENTED REALITY, A NOVEL APPROACH****TAREAS FUNDAMENTALES EN LA REALIDAD AUMENTADA, UN NUEVO
ENFOQUE****MSc. (c). Luis Eduardo Bautista Rojas, MSc. John Faber Archila Díaz****Universidad Industrial de Santander**Grupo de Investigación en Robótica de Servicio y Diseño Industrial - GIROD
E-mail: maeinf21@uis.edu.co, jfarchid@uis.edu.co

Abstract: Augmented reality technology is a great development and wide application. This paper presents a novel approach to the tasks performed by an augmented reality system, taking the user participation in the development of AR. A very important aspect is the creation and assessment of intuitive interaction techniques that allow the user a communication with the system. The tangible user interfaces (Tangible User Interface) emerge as one of the metaphors of wide acceptance in the interaction with AR systems.

Keywords: Augmented Reality, Tangible User Interface, Tangible Augmented Reality, Interaction Techniques.

Resumen: La realidad aumentada es una tecnología de gran desarrollo y amplia aplicación. En este trabajo se presenta un novedoso enfoque de las tareas que debe realizar un sistema de realidad aumentada, teniendo en cuenta la participación del usuario en el desarrollo del sistema RA. Un aspecto de gran importancia es la creación y evaluación de técnicas de interacción intuitivas que le permitan al usuario una comunicación fluida con el sistema. Las interfaces de usuario tangibles (Tangible User Interface - TUI) se perfilan como una de las metáforas de amplia aceptación dentro de la interacción con sistemas de RA.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Interfaces de Usuario Tangibles, Realidad Aumentada Tangible, Técnicas de Interacción.

1. INTRODUCCIÓN

Con la inserción de dispositivos tecnológicos en la vida cotidiana hemos aprendido a depender de ellos para la realización de diferentes tareas que implican el manejo de tecnología de uno u otro tipo. Como actores en la comunicación con dichos dispositivos, ha aparecido hardware como los teclados, mouse, touch-screens, etc. Que han servido para mediar la comunicación e interacción entre usuarios y dispositivos. Sin embargo la evolución y tendencia de los dispositivos tecnológicos cotidianos apunta a la interacción de manera natural dentro de un entorno familiar y no preparado para su uso.

De otro lado viene tomando fuerza el uso de la tecnología denominada “Realidad Aumentada” (R.A.) como paradigma de comunicación entre el usuario y los sistemas de información. La R.A. se define como “aquellos sistemas que mezclan información virtual de cualquier tipo, desde imágenes 2D, texto o figuras 3D, con un escenario físico real” (Cawood et al, 2008) y (Bimber et al, 2005).

Uno de los aspectos importantes para el desarrollo de la RA es la creación de técnicas adecuadas de interacción para aplicaciones de RA que permitan a los usuarios finales interactuar con los contenidos

virtuales de una forma intuitiva. En 1997, Ishii desarrolló el concepto de interfaces de usuario tangibles (TUIs), que son interfaces donde los usuarios pueden manipular la información digital mediante objetos físicos (Ishii *et al.*, 1997).

Esta nueva metáfora de Interacción es denominada Realidad Aumentada Tangible (RAT) y desde su introducción en ISAR (*Internationa Symposium on Augmented Reality*) 2000 se ha convertido en uno de los métodos más usados como entrada en los sistemas de RA (Kato *et al.*, 2000). El propósito de este trabajo de investigación es presentar un nuevo enfoque de las tareas realizadas por los sistemas de RA.

2. CONCEPTOS GENERALES

2.1 Realidad Aumentada

La realidad aumentada (RA) es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a tiempo real. Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que sobreimpriime los datos informáticos al mundo real (Barfield, 2001)

Existen dos definiciones comúnmente utilizadas para definir a esta tecnología. La primera fue propuesta por Milgram y Kishino en 1994, descrita como un continuo que abarca desde el entorno real a un entorno virtual puro. (Ver figura 1).



Fig. 1. *Modelo de Realidad Aumentada propuesto por Milgram y Kishio, 1994.*

La RA permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos o mezclados con el mundo real (ver fig. 2). De esta manera, RA es un complemento de la realidad, en lugar de sustituirla completamente, y mantiene tres características esenciales:

- Combina elementos reales y virtuales.
- Es interactiva en tiempo real.
- Está registrada en 3D.

Sin embargo el concepto de RA se ha refinado con el paso de los años. Las aplicaciones de RA basan todo su trabajo en dos aspectos relevantes, primero se debe reconocer qué se está viendo. Segundo, qué información se debe visualizar como aumento (López 2009).



Fig. 2. *Aplicación Realidad Aumentada*

2.2 Tareas de los Sistemas de Realidad Aumentada

Según López, para realizar esta labor es necesaria la realización de cuatro tareas fundamentales: Captura del escenario, identificación de la escena, realidad + aumento y visualización de la escena. Sin embargo de acuerdo con la revisión del estado del arte los autores consideran la inclusión de una tarea denominada *Interacción*.

La interacción es una tarea de gran importancia ya que crea la relación directa entre el sistema y el usuario, y se describirá posteriormente en este trabajo.

2.2.1 Captura de la escena

En la actualidad existen diversos mecanismos y sistemas para realizar captura de escenas para RA para su posterior procesamiento, dentro de los cuales podremos encontrar:

Dispositivos video-through: En este conjunto se encuentran las cámaras de video y dispositivos móviles (siempre y cuando tengan una cámara).



Fig. 3. Dispositivos video-through

Dispositivos see-through: Estos dispositivos acostumbran a trabajar en tiempo real, haciéndolos no sólo más costosos en presupuesto sino también en complejidad.



Fig. 4. Dispositivos see-through - ARvision-3D Goggles.

2.2.2 Identificar el Escenario

El proceso consiste en averiguar qué escenario físico real es el que el usuario quiere que se aumente con información digital (Bimber, 2005). Este proceso puede llevarse a cabo, básicamente, de dos maneras: utilizando marcadores o sin utilizarlos (López, 2009).

Reconocimiento por marcadores: En los sistemas de realidad aumentada, un marcador es un objeto cuya imagen es conocida por el sistema (Cawood *et al.* 2008; Choudary *et al.*, 2009; Tateno, 2007). Dichos sistemas son reconocidos por usar marcadores fiduciales para obtener mediante una cámara y técnicas de visión por computador.

Las maneras en que el sistema conoce el marcador se pueden agrupar en tres conjuntos, mediante su geometría, su color o mediante ambas características.

Dentro de los sistemas de detección de marcas podemos destacar ARToolKit (Figura 5), ARTag, StudierStube, OsgART, etc. Estos sistemas están

compuestos por una serie de librerías que recogen las técnicas de visión necesarias para realizar el posicionamiento del objeto.

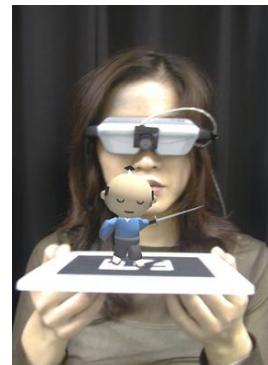


Fig. 5. Ejemplo de realidad aumentada con marcas de ARToolKit.

Reconocimiento sin marcadores: De la misma forma, es posible identificar la escena mediante reconocimiento de imágenes o mediante la estimación de la posición. También es posible encontrar sistemas que realicen una combinación de ambas en función de la situación.

Dentro de los tipos de sistemas más usados se puede encontrar los sistemas que registran rasgos naturales (*natural feature tracking*) quienes funcionan de manera similar a los sistemas basados en marcadores fiduciales, realizando el análisis de la imagen e identificando puntos en una secuencia de imágenes.

Dentro de las aplicaciones que permiten este tipo de reconocimiento podemos resaltar BazAR (CVLAB - *Computer Vision Laboratory*, 2007) compuesto por librerías que permiten el cálculo de la orientación del punto de vista de la cámara a partir de la identificación de rasgos naturales.

Fig. 6. Vectores de desplazamiento calculados. En (Prince *et al.*, 2002).

2.2.3 Mezcla de la realidad con el aumento

Una vez descrito el proceso de identificación de escenarios, el siguiente proceso que tiene lugar en los sistemas de realidad aumentada es de sobreponer la información digital que se quiere ampliar sobre la escena real capturada.

Librerías de Aumento: Para el proceso de aumento es necesario disponer de software adecuado para sobreponer a la imagen real la información aumentada deseada. Según la forma de rastreo se pueden clasificar en dos tipos: Las librerías de seguimiento de marcadores fiduciales y las librerías de seguimiento de gestos corporales. Para el reconocimiento de marcadores fiduciales existen diversas librerías disponibles al público. Las más conocidas son:

ARToolKit: librería de realidad aumentada desarrollada por Hirokazu Kato del Nara Institute of Science and Technology en 1999. Dicha librería que permite la detección de unos marcadores específicos y realiza las tareas de superposición de imágenes (ART 10). Está desarrollada en lenguaje C++. ARToolKit realiza el seguimiento de la cámara en tiempo real, asegurando que los objetos virtuales siempre aparecen superpuestos sobre los marcadores de seguimiento. En la Figura 7, se encuentra el diagrama del Sistema.

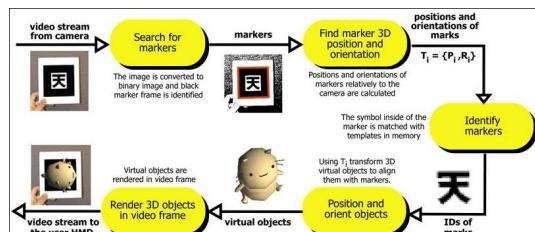


Fig. 7. Diagrama de Funcionamiento ARToolKit. En (Woods et al., 2003).

ARToolkit también tiene una serie de limitaciones que surgen en los sistemas de basados en visión por computador.

- Los objetos virtuales solamente aparecen cuando las marcas físicas son visibles a la cámara.
- Existen también unas distancias críticas que deben ser consideradas para que la cámara reconozca correctamente las marcas.
- Esta distancia también se ve afectada por

la complejidad de los patrones dentro de la marca. A mayor simplicidad de los patrones, el reconocimiento será mejor.

- El registro también se ve condicionado por la orientación relativa entre la marca y la cámara.
- El registro también depende de las condiciones de iluminación.

De estas librerías se derivan diversas versiones que mantienen el mismo principio dentro de las cuales podemos mencionar:

ARToolKitPlus, Desarrollada en el Institute for Computer Graphics and Vision, Graz University of Technology, y optimizada para su aplicación y desarrollo orientado a dispositivos móviles. (Wagner et al 2007)

FLARToolKit, es la versión para su uso en Adobe Flash usando ActionScript 3. (Spark, 2009).

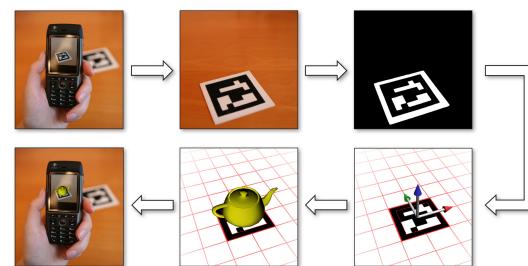


Fig. 8. Diagrama de funcionamiento ARToolKitPlus. En (Wagner et al., 2007).

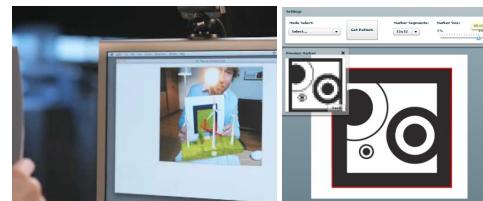


Fig. 9. Aplicación de FlarToolKit. (Medicherla et al., 2010).

En esta aplicación FlarToolKit, detecta un marcador usando la imagen de entrada de una cámara web como señal de entrada, posteriormente calcula las coordenadas espaciales para superponer el objeto. (Medicherla et al., 2010).

osgART, es una combinación de ARToolKit y OpenSceneGraph. osgART no funciona como un sencillo kit de librerías, ya que dispone de tres funciones principales: Integración de alto nivel de la entrada de video (video del objeto), el registro

espacial (basado en marcadores y seguidores múltiples) y el registro fotométrico (ocultación, la sombra). (Looser *et al.*, 2006)

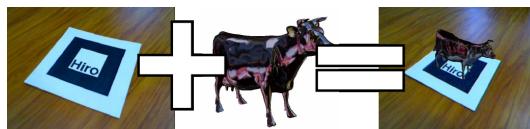


Fig. 10. osgART. En (Looser *et al* 2006)

ARTag, Alternativa a ARToolkit, realiza un procesamiento más complejo de las imágenes en entornos de luz variable. Posiblemente el avance más significativo se presenta en la adopción de técnicas digitales en la verificación e identificación que lleva a altas tasas de falsos positivos de identificación y confusión de marcadores. (Fiala, 2005)



Fig. 11. ARTag. Proyecto "Magic Mirror" (Fiala 2007)

NyARToolkit, una librería de clases ARToolkit especial para máquinas virtuales, en particular las que albergan Java, C # y Android.

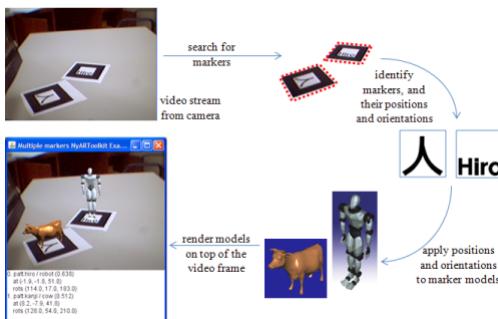


Fig. 12. Esquema de trabajo de NyARToolkit. (Davison, 2005)

Studierstube. Este proyecto iniciado en 1996 en la Universidad Tecnológica de Viena (TU-Wien) y posteriormente retomado en 2004 por la Universidad Tecnológica de Graz. Compuesto por dos versiones, Studierstube Tracker, compuesto por las librerías de detección y orientación y Studierstube



Fig. 13. Usuarios interactuando con The Invisible Train (2004)

De otro lado para el reconocimiento de gestos corporales podemos encontrar librerías como:

BazAR son unas librerías de visión por computador basadas en la detección y correspondencia de rasgos naturales puntuales. Desarrollado por el laboratorio CVLab de la EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne).

BazAR está compuesto por dos modulos, *Garfeild*: este módulo proporciona las herramientas para detectar puntos clave o rasgos puntuales, y establecer su correspondencia respecto de una serie de puntos almacenados y *Starter* que Contiene las estructuras básicas y las herramientas matemáticas.

En particular, es capaz de detectar y registrar rápidamente objetos conocidos en imágenes planas. También contiene un sistema de calibración geométrica y fotométrica de la cámara bastante potente.

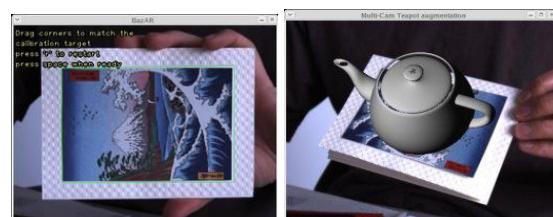


Fig. 14. BazAR (Lepetit *et al.*, 2004)

BazAR reduce varias de las limitaciones de los sistemas de RA nombrados anteriormente, sin embargo presenta algunas limitaciones producto de su complejidad, presentadas a continuación:

- El software que se distribuye sólo contempla la posibilidad del reconocimiento de una sola imagen, en contraposición a los sistemas anteriormente vistos.
- La complejidad del algoritmo de registro hace que el software requiera de ordenadores más potentes.

2.2.4 Interacción con la RA

La interacción con sistemas de RA especifican como los usuarios manipulan los contenidos virtuales de la RA. (Zhou *et al.*, 2008). Portales define la interacción como una propiedad inherente de cualquier entorno interactivo multimedia que incluye actividades y respuestas físicas, sensoriales y mentales

El usuario puede interactuar con un sistema RA mediante los tipos e interfaces mencionados anteriormente, sin embargo aun no se han tenido en cuenta factores humanos y de comportamiento que determinan la forma más intuitiva de uso de una interfaz. A continuación se describen las formas en las cuales un usuario podría interactuar con un sistema de RA.

Manipulación de Objetos Virtuales/Reales

En (Sherman *et al.*, 2003) se presentan cuatro métodos de manipulación de objetos:

- *Control directo de usuario*, en este método el usuario manipula el objeto virtual de la misma forma como lo haría con un objeto real.
- *Control físico*, son aquellos que permiten controlar al objeto virtual con dispositivos reales.
- *Control virtual*, son representación que usan controles completamente virtuales.
- *Control mediante agentes*, permiten al usuario especificar controles a través de un intermediario programado para tal fin. Para los entornos de RA con facilidad se mezclan los métodos de control directo y control físico, permitiendo al usuario una experiencia más real e interactiva. Un ejemplo característico son las (*Tangible User Interface*) TUI, metáforas de interacción de las que hablaremos más adelante.

Interfaces tangibles basadas en el uso de marcadores. En 1997, Ishii desarrolló el concepto de interfaces de usuario tangibles (TUIs), que son interfaces donde los usuarios pueden manipular la información digital mediante objetos físicos (Ishii 1997), y controlar los sistemas mediante los movimientos realizados por dichos objetos.

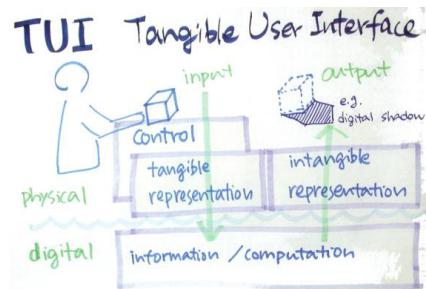


Fig. 15. Esquema de la TUI dibujados por Ishii

La metáfora de las TUIs puede ser aplicada a las interfaces de RA donde la interacción de los dispositivos físicos puede ser combinada para mejorar las posibilidades de visualización provista por la superposición de las imágenes virtuales. Esta nueva metáfora de Interacción es denominada Realidad Aumentada Tangible y desde su introducción en ISAR 2000 (*International Symposium on Augmented Reality*) se ha convertido en uno de los métodos más usados como entrada en los sistemas de RA (Kato *et al.*, 2000).

Los marcadores son elementos fiduciales que, según su programación, permiten diversas funciones en el sistema, manipulación, navegación, orientación, etc. Existen diversas técnicas de interacción basadas en marcadores, dentro de las cuales mencionamos las más comunes:

- *El uso de una paleta con un marcador en la parte superior*, dicho marcador tiene una función definida previamente dentro de la interacción con el objeto virtual superpuesto. Una variación de esta técnica es la adaptación de un dispositivo *trackball* en la parte inferior de la paleta, es usado a modo de lupa en la interacción y es conocida como Magic Lens. Billinghurst, en (Billinghurst *et al.* 2005), evalúa los parámetros de diseño de interfaces para sistemas de RA. Otra Variación bastante difundida es el Magic Book (Billinghurst *et al.*, 2001), utiliza un sistema de marcadores sobre un libro para aumentar los modelos descriptivos de la publicación.



Fig. 16. Magic Book

- *Uso de dos tipos de marcadores*, uno de datos y otro de control de funciones, En (Poupyrev *et al.*, 2002) se detalla el funcionamiento. Mediante el movimiento de marcadores se realizan acciones como selección, copia etc. En (Waldner *et al.*, 2006) se muestra un sistema de este tipo, el usuario interacciona y realiza funciones de control con los objetos proyectados mediante los marcadores.

- *Uso de Marcadores en los dedos*, para realizar funciones de interacción. En (Hosoya *et al.*, 2003) el usuario con marcadores en sus dedos, toca un objeto virtual proyectado en un televisor frente a él. En FingARTips, Buchmann muestra una variación de esta técnica usando guantes sobre los cuales se colocan marcadores.



Fig. 17. FingARTips en Buchmann *et al.*

- *Uso de marcadores sobre un cubo*, para interaccionar con el sistema. Sidharta *et al.*, 2006, realiza la manipulación de un sistema usando dos cubos para ensamblar una pieza.

- *La Oclusión de marcadores*, (Lee *et al.*, 2004) ha estudiado este tipo de interacción. Presenta varias técnicas basadas en una grilla de marcadores, botones virtuales e interacción bimanual para permitir la manipulación de objetos.

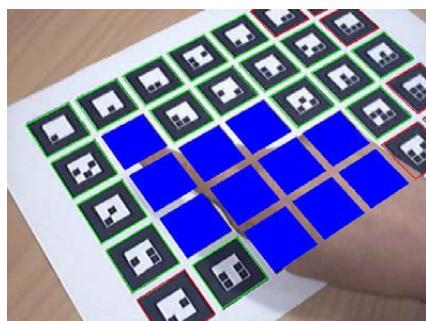


Fig. 18. Una de las Técnicas expuestas por Lee *et al.*, 2009

Interacción basada en movimiento corporal. Son técnicas que permiten la interacción mediante el movimiento natural de algunas partes del cuerpo. Movimiento de las manos, los brazos, la cabeza, los ojos, etc. Diversas tecnología se usan para el seguimiento corporal, entre las mas comunes podemos mencionar las basadas en visión, el tracking inercial, tracking magnético. Sin embargo las técnicas de visión por computador son las más usadas debido a su bajo costo.

En Heidemann *et al.*, se describe una técnica para seleccionar objetos reales apuntando con el dedo en un ambiente de RA. Koelsch, implementa un sistema de interacción de gestos con la mano utilizando visión por computador para escalar, trasladar, y rotar objetos virtuales en un entorno RA. Choi propone una interfaz de usuario basada en realidad aumentada usando visión por computador y un gesto con una mano para interactuar con un menú 2D.

Existen librerías diseñadas para realizar el seguimiento de las manos, un ejemplo es Handy AR. Lee *et al.*, 2007, consiguen poner en marcha una librería de rastreo de manos basada en visión por computador.

Los dedos del usuario también han sido analizados como técnicas de interacción para sistemas de realidad aumentada. Para ello, se han utilizado técnicas de visión basadas en el uso de marcadores, así como pantallas multitáctiles.

Interacción basada en dispositivos de bajo costo. Se usan dispositivos existentes en el mercado que incorporan sistemas de tracking para la interacción con el entorno RA. Martnes por ejemplo, muestra un sistema de realidad aumentada donde se usan interfaces bidimensionales combinadas con dispositivos posicionadores de bajo costo, el sistema utiliza un material reflectivo sobre un cubo como forma de interacción. Existen diversas técnicas de interacción con la realidad aumentada usando el control Wiimote de la consola Nintendo Wii®, donde se implementan varias técnicas de selección, Direct-touch, Ray-casting y Lens, (Looser *et al.*, 2007). En su trabajo, Henrysson muestra varias técnicas de interacción basado en marcadores e implementadas en dispositivos móviles, rotación y posicionamiento don las comandos mas comunes.

2.2.5 Visualización

Dentro de los sistemas de realidad aumentada, el último proceso que se lleva a cabo, es el de visualización de la escena real con la información de aumento. Sin este proceso, la realidad aumentada no tendría razón de ser. Para nuestro proyecto se pueden diferenciar entre dos tipos básicos de sistemas: sistemas móviles y sistemas fijos. Siendo los sistemas fijos los de nuestro interés. Los sistemas fijos se pueden considerar como ordenadores personales. A diferencia de lo que sucede en los sistemas móviles, este tipo de sistemas suelen disponer de hardware adecuado para realizar tareas de visualización más complejas, generando de esta forma imágenes de salida de mayor calidad.

3. CONCLUSIONES

Se visualiza la RA, como una tecnología de gran desarrollo, debido a su practicidad y posibilidad de uso sin dispositivos complejos.

En este trabajo se presenta una etapa más dentro de las tareas a realizarse en un sistema de RA. Se plantea la inclusión de la Interacción como parte activa dentro del desarrollo del sistema. Así mismo se hace una revisión de etapas, formas y técnicas.

Se resalta el uso de las TUI, como metáfora de amplio uso y gran eficacia en la interacción con entornos RA, debido a la familiaridad que puede llegar a representar desde el punto de vista del usuario.

Se verifica una tendencia al uso de marcadores asociados con otros métodos de interacción, haciendo de las técnicas multimodales unas de las de uso más frecuente, siendo complementadas con sistemas de reconocimiento de voz.

El uso de interacción gestual con o sin marcadores, específicamente el seguimiento de los gestos de la mano, se ha incrementado notablemente, sin embargo aún su desarrollo no es tan notable, debido a su dependencia de los avances de las técnicas de visión basadas en computador.

Se aprecia la amplia existencia de estudios de interacción en entornos de Realidad Virtual, sin embargo son escasos los estudios de este tipo asociados a la RA.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la VIE de la UIS, por el apoyo y financiación brindado al proyecto titulado "*Estudio y diseño conceptual de una ayuda técnica exoesqueleto*" código 5546, de donde surge el presente artículo de investigación.

REFERENCIAS

- Cawood S., Fiala M., "Augmented Reality: A practical guide", 2008.
- Bimber O., Rakar R., "Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds", 2005.
- ART 10 <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- Zhou F., H. Been-Lirn Duh, Billinghurst M. "Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR" 2008.
- Ishii H., Ullmer B.. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In ACM CHI'97, pp. 234-241, 1997.
- Kato H., Billinghurst M., Poupyrev I., Imamoto K. and Tachibana K.. Virtual object manipulation on a table-top AR environment. In ISAR '00, pp. 111-119, 2000.
- Garrido R., García-Alonso A.. "Técnicas de Interacción para Sistemas de Realidad Aumentada" 2008.
- Barfield W., Caudell T., Fundamentos de Informática usable y Realidad Aumentada. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2001. ISBN 0-8058-2901-6.
- Woods E., Mason P., Billinghurst M.. MagicMouse: an Inexpensive 6-Degree-of-Freedom Mouse. Proceedings of Graphite 2003, Feb 11th-13th, 2003, Melbourne.
- Wagner D., Schmalstieg D.. ARToolKitPlus for Pose Tracking on Mobile Devices., Graz Technical University. Computer Vision Winter Workshop, St. Lambrecht, Austria, February 2007.
- Spark, Flartoolkit.
<http://www.libspark.org/wiki/saqqoosha/>
 FLARToolKit/en. 2009.
- Looser J., Grasset R., Seichter H., Billinghurst M.. OSGART - A pragmatic approach to MR. ISMAR 2006.
- Fiala M.. Artag, a fiducial marker system using digital techniques. In CVPR'05, pages 590 – 596. 2005
- Fiala M.. Magic Mirror System with Hand-held and Wearable Augmentations. IEEE Virtual Reality Conference, USA 2007.

- Davison A.. Killer Game Programming in Java, Capítulo 16. Augmented Reality with NyARToolkit. Editorial O'Reilly Media 2005.
- López H.. Análisis y Desarrollo de sistemas de realidad aumentada. Master Thesis. Universidad Complutense de Madrid, 2009.
- Wagner, D., T. Pintaric y D. Schmalstieg. "The Invisible Train: A Multi-Player Handheld Augmented Reality Game", 2004.
- Billinghurst M., Grasset R., Looser J.. Designing augmented reality interfaces. *SIGGRAPH Comput. Graph.*, 39(1):17–22, 2005.
- Lee G., Billinghurst M., , Jounghyun G. Occlusion based interaction methods for tangible augmented reality environments. In *VRCAI '04*: New York, NY, USA, 2004. ACM.
- Portalés, C., Entornos multimedia de realidad aumentada en el campo del arte. Tesis Doctoral. Universidad Politecnica de Valencia, 2008.
- Looser J., Billinghurst M., Grasset R., Cockburn A.. An evaluation of virtual lenses for object selection in augmented reality. In *GRAPHITE '07*, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- Oviatt S. Ten myths of multimodal interaction. *Commun. ACM*, 42(11):74–81, 1999.
- Heidemann G., Bax I., Bekel H.. Multimodal interaction in an augmented reality scenario. In *ICMI '04*. New York, NY, USA, 2004. ACM.