

SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO EN LA CREACIÓN DE UN LIBRO INTERACTIVO

Alberto Ruiz Aguilar
Ingeniero de Telecomunicación
alberto@arpa-solutions.net

Fátima Ación Martínez
Ingeniero de Telecomunicación
fatima@arpa-solutions.net

Jose Luis Vázquez Fernández-Baca
Ingeniero de Telecomunicación
joseluis@arpa-solutions.net

SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO EN LA CREACIÓN DE UN LIBRO INTERACTIVO

RESUMEN :

Los sistemas de posicionamiento para los entornos virtuales, tanto de Realidad Aumentada como de Realidad Virtual, son necesarios para conocer la posición y orientación de los objetos reales en el espacio y así permitir la consistencia espacial entre los objetos reales y virtuales. La inserción de elementos virtuales en el mundo real tiene como primer problema el alineamiento de sus coordenadas, para que los dos mundos estén perfectamente integrados y se muevan de forma conjunta. Este problema hace que la elección del sistema de posicionamiento, que determina la posición y orientación de los objetos en el mundo real, sea de vital importancia en los sistemas de Realidad Aumentada

PALABRAS CLAVE: Realidad Virtual, Realidad Aumentada, sistemas de posicionamiento.

SYSTEMS OF POSITIONING IN THE CREATION OF AN INTERACTIVE BOOK

ABSTRAC:

The systems of positioning for the virtual surroundings, as much of Reality Increased as of Virtual reality, are necessary to know the position and direction the real objects in the space and thus to allow the space consistency between the real and virtual objects. The insertion of virtual elements in the real world has like first problem the alignment of its coordinates, so that both worlds perfectly are integrated and they move of joint form. This problem does that the election of the positioning system, that determines the position and direction of the objects in the real world, is of vital importance in the systems of Increased Reality

KEY WORDS: Virtual reality, Increased Reality, systems of positioning

INTRODUCCIÓN



La Realidad Aumentada es una nueva rama de interfaces donde los elementos reales conviven con los elementos virtuales, que sirven para aportar información adicional a los primeros. Es una tecnología totalmente innovadora, ligada a la Realidad Virtual (RV), aunque diferente en varios aspectos, ya que la Realidad Virtual es inmersiva, esto es, el usuario no puede ver el mundo real a su alrededor. En contraste con la RV, la RA complementa la visión real del usuario, no la reemplaza por otra. Un sistema de Realidad Aumentada posee las siguientes características:

- Combina objetos reales y virtuales
- Es interactivo y en tiempo real
- Se alinean los objetos virtuales y reales unos con otros

La Realidad Aumentada tiene aplicación en multitud de campos distintos, tales como la publicidad, entretenimiento, decoración de interiores, arquitectura, musealización o reconstrucción virtual de yacimientos arqueológicos.

LIBRO INTERACTIVO

Un libro o catálogo interactivo contiene en cada una de sus páginas todo tipo de información multimedia virtual (modelos en tres dimensiones, vídeos, audio, imágenes digitales, animaciones, etc) mezclada con información real de tipo convencional. Dicha mezcla se lleva a cabo mediante una aplicación de software basada en una innovadora tecnología denominada Realidad Aumentada. Para esto es necesaria una cámara que capte la información del mundo real, un ordenador que se encargue de la ejecución de la aplicación anterior y una pantalla o cualquier dispositivo de visión que permita la visualización de la mezcla del mundo real y virtual.

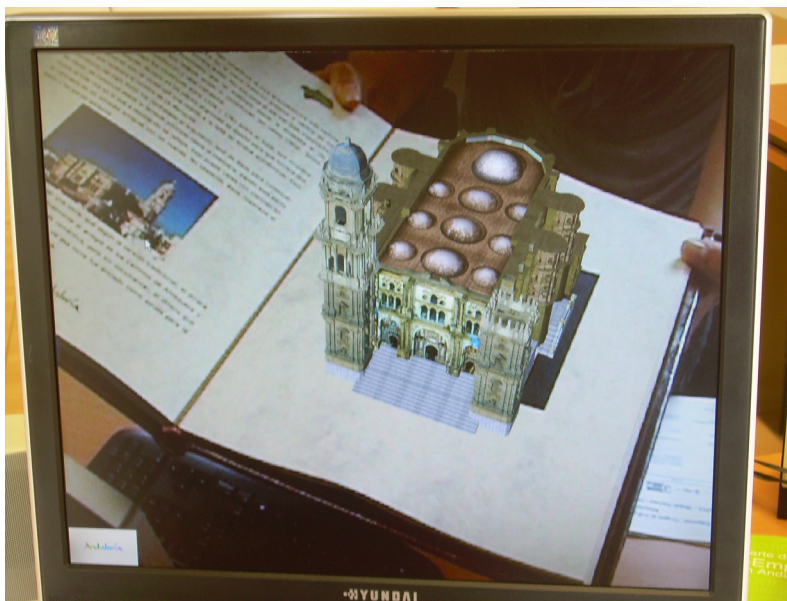


Imagen del "Libro Interactivo de Monumentos Andaluces"

Un libro interactivo es ideal para promocionar de forma impactante un nuevo producto en ferias, exposiciones, y en general, en todo tipo de eventos. Un producto turístico, un nuevo fármaco que va a ser lanzado al mercado, una nueva promoción inmobiliaria, un nuevo catálogo de muebles, son algunos de los ejemplos que pueden ser publicitados de forma innovadora mediante un libro interactivo.

Otra aplicación realmente útil de este producto consiste en la utilización de las innumerables ventajas que ofrece esta tecnología para fines educativos y divulgativos, que permite una formación más interactiva y participativa por parte de los alumnos

FUNCIONAMIENTO DEL LIBRO INTERACTIVO

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO

La inserción de elementos virtuales en el mundo real tiene como primer problema el alineamiento de sus coordenadas, para que los dos mundos estén perfectamente integrados y se muevan de forma conjunta. Este problema hace que la elección del sistema de posicionamiento, que determina la posición y orientación de los objetos en el mundo real, sea de vital importancia en los sistemas de Realidad Aumentada.

En cualquier proyecto de este tipo se pretende representar un modelo virtual en el mundo real, lo primero que habrá que hacer será hallar las coordenadas del usuario, posicionando los objetos reales para, una vez conocidas sus coordenadas, dibujar correctamente los objetos virtuales, en este caso el modelo 3D.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO

Los sistemas de posicionamiento para los entornos virtuales, tanto de Realidad Aumentada como de Realidad Virtual, son necesarios para conocer la posición y orientación de los objetos reales en el espacio y así permitir la consistencia espacial entre los objetos reales y virtuales.

Para los ambientes de Realidad Virtual, donde un mundo virtual reemplaza completamente al mundo real, es suficiente con conocer de manera aproximada la posición y orientación de la cabeza del usuario. Los pequeños errores que puedan aparecer en el posicionamiento de los objetos no son detectados por los sentidos del usuario, porque éste sólo maneja información virtual. Esto es: el usuario está inmerso en un mundo totalmente virtual sin contacto con el mundo real, por lo que no puede utilizar objetos reales para su propia orientación, con lo que sus sentidos quedan totalmente a expensas de los objetos virtuales que se le muestren. En Realidad Aumentada, sin embargo, los objetos virtuales complementan el mundo real, aumentando la información que perciben nuestros sentidos. Por ello, para preservar la ilusión de que los dos mundos coexisten hay que ajustar y alinear correctamente los objetos virtuales en el mundo real. pequeños errores en el alineamiento son fácilmente detectables por el sistema de visión humano, porque el usuario percibe parte del mundo real y lo puede utilizar para su orientación. Por lo tanto, los sistemas de posicionamiento para Realidad Aumentada requieren de unas características especiales que a continuación de detallan:

- El ajuste del posicionamiento debe ser de una precisión de fracción de grados para la orientación y de unos pocos milímetros para la posición. Errores en la medida de la orientación de la cabeza pueden provocar desplazamientos indeseados de los objetos virtuales dentro del mundo real.
- El tiempo que pasa, desde que el subsistema de posicionamiento toma la medida de la posición y la orientación y la imagen aparece en el dispositivo de visión, debe ser muy pequeño.

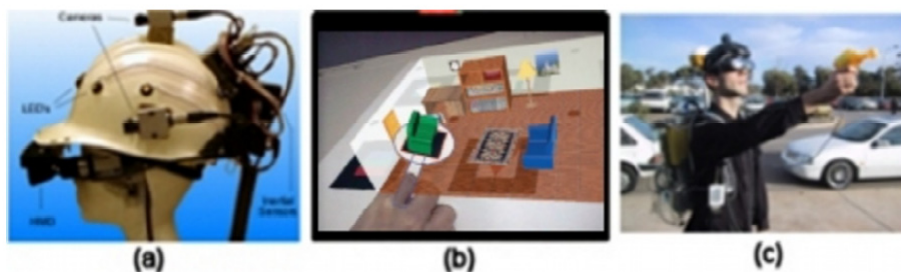
- El sistema de posicionamiento debe trabajar con grandes distancias. En los sistemas de Realidad Virtual no son necesarios dispositivos que trabajen a larga distancia porque podemos crear la ilusión de movimiento trasladando los objetos virtuales alrededor del usuario, pero en Realidad Aumentada los objetos virtuales deben posicionarse respecto al mundo real. No podemos trasladar los objetos virtuales alrededor del usuario, sino que debe ser él el que se mueva por el espacio físico.

SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO

En el campo de la Realidad Aumentada nos encontramos con tres tipos de sistemas de Posicionamiento:

- En primer lugar, el usuario puede llevar consigo dispositivos en la mano o cabeza que nos provean de información. Los dos métodos que más se utilizan en Realidad Aumentada son el posicionamiento magnético y óptico. El magnético es de confianza, salvo en presencia de campos magnéticos, mientras que el óptico tiene más precisión, pero menos resistencia a oclusión y movimientos rápidos.
- En segundo lugar, se pueden utilizar ciertos objetos del mundo real para conocer la posición y cubrirlos con información virtual. Estos objetos pueden ser propios del entorno (objetos naturales) por donde se va a mover el usuario, o marcas especialmente concebidas para su fácil y rápida localización.
- Como tercera opción, podemos situar dispositivos activos en el medio donde esté el usuario y los objetos, para que nos provean de información del entorno, presenten información sobre los objetos y de cómo interactúa el usuario con ellos.

El método de posicionamiento que se elegirá dependerá de la aplicación a utilizar, así como de las condiciones en que se vaya a utilizar dicha aplicación. Tendremos que tener en cuenta, por ejemplo, si nos vamos a mover por el interior de edificios, en ambientes exteriores, la velocidad a la que se van a mover los usuarios, la cantidad de objetos virtuales que se van a emplear, etc. En definitiva, en función de la aplicación que se desarrolle, los elementos a considerar variarán y, con ello, el sistema de posicionamiento a emplear.



Ejemplo de los métodos de posicionamiento: a) Utilización de dispositivos en la cabeza; b) Posicionamiento mediante marcas en las paredes; c) Utilización del GPS, un elemento activo externo.

FUENTES DE ERROR EN LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO

Es difícil controlar los errores de posicionamiento debido a los altos requerimientos de precisión y las numerosas fuentes de error. Son cinco las principales fuentes de error y se dividen en dos grandes grupos. Las cuatro primeras corresponden a los llamados errores estáticos y la última se engloba dentro de los errores dinámicos. A continuación se describen sus características:

- **Distorsiones en la óptica de los dispositivos de visión:** La distorsión óptica existe en la mayoría de dispositivos basados en lentes. Los tendremos tanto en la cámara que toma imágenes del mundo real como en los dispositivos de visión. La distorsión está en función de la distancia radial al eje de simetría, con lo que a medida que nos alejemos de este eje, la distorsión se hará más evidente. Las distorsiones ópticas suelen ser errores sistemáticos, por lo que pueden ser compensados. La compensación es posible, pero de difícil implementación física. Lo que se puede hacer para bajar la dificultad es hacerlo digitalmente. Normalmente se pre-distorsionan las imágenes para que aparezcan sin distorsionar en los dispositivos de visión. Otra forma de mejorar la compensación digital es aplicar la pre-distorsión en los vértices de los polígonos antes de la operación de renderizado. Estos métodos de compensación digital requieren de mucha carga computacional. Se puede demostrar que los retrasos que se añaden al sistema con la compensación digital producen más errores de posicionamiento que la ausencia de compensación de distorsión.
- **Desalineamientos mecánicos en los dispositivos de visión:** Está relacionado con el montaje de las diferentes partes del sistema de visión que pueden producir errores si la orientación y posición entre éstas no son las correctas. La mejor solución para este tipo de errores es construir bien los dispositivos.
- **Errores en los elementos usados para el tracking:** Esta clase de errores suelen ser los más importantes. Estas distorsiones no son fáciles de medir y corregir, por lo que son difíciles de caracterizar.
- **Parámetros de visión incorrectos:** Es la fuente de error más importante de los errores estáticos. Los parámetros de visión especifican como convertir la información que obtenemos de la cámara en matrices que nos sirvan para dibujar los objetos virtuales. Como posibles parámetros tenemos: campo de visión, distancia del dispositivo tracker al ojo, etc. Este tipo de error es sistemático, por lo que puede ser corregido mediante técnicas de calibración. En algunos sistemas estos parámetros se estiman mediante un ajuste manual.
- **Retardo desde que se conoce la posición hasta que se muestra la imagen por el dispositivo de visión:** El motivo de este retardo se debe a que cada una de las diferentes partes en que se compone un sistema de Realidad Aumentada necesita de un tiempo para realizar su trabajo. Como ejemplos de tareas que intervienen en este retardo tenemos: sistema de tracking, comunicación entre el sistema de tracking y la computadora, dibujar la imagen en el dispositivo de salida, etc. Este retardo provoca errores de posicionamiento sólo cuando hay movimiento del usuario. Si el usuario está quieto, mirando a la misma posición, da igual el retardo que tenga la imagen de salida porque siempre estará viendo lo mismo, pero si el usuario mueve la cabeza y mira hacia otra posición, la imagen que le mostrará el dispositivo de salida no será lo que en ese momento está mirando si el retardo es grande, provocándole un error de posicionamiento. Los métodos para reducir los errores debidos al retardo se dividen en cuatro categorías:
 - Reducir los retardos de los procesos que componen el sistema de Realidad Aumentada.
 - Reducir el retardo aparente.
 - Sincronización de los flujos de imágenes reales y virtuales.
 - Predicción de futuras localizaciones.

MÉTODO DE LOCALIZACIÓN PROPUESTO

Para esta aplicación se ha elegido la detección de posición mediante una marca conocida. Una vez detectada la marca, se hallan sus coordenadas y se "pega" la imagen virtual. La elección viene determinada por varios factores:

- En primer lugar, la aplicación pretende sustituir la representación tradicional de maquetas construidas con materiales reales por unas virtuales, conservando la interacción habitual con una maqueta: desplazarse alrededor, acercarse y alejarse. Esta libertad de movimientos no suelen garantizarla los sensores magnéticos u ópticos de consumo, ya que proporcionan posiciones relativas a la inicial pero no absolutas con respecto al sistema de coordenadas real.

- En segundo lugar, el usuario necesita de un soporte físico sobre el que se sitúa la maqueta tanto real como virtual. Es en este soporte donde introducimos la marca, que nos dará la clave para conocer hacia donde está mirando el usuario.
- En tercer lugar, para garantizar la portabilidad, es deseable no necesitar entornos especiales con hardware específico, por lo que no es recomendable usar dispositivos activos externos. Adicionalmente, cabe señalar que cuando el posicionamiento se basa en elementos externos, la localización y ubicación de éstos añade una carga computacional que puede ser elevada de emplearse marcas naturales.

Es por estos motivos que se opta por posicionarse a partir de una marca artificial en el entorno.

El principal problema de la técnica escogida lo constituyen los errores posibles de alineación, derivados de las condiciones de captura y resolución, y de la necesidad de trabajar en tiempo real y, por tanto, usar algoritmos simples y rápidos.

Los errores de posicionamiento pueden ser estáticos y dinámicos. Los estáticos aparecen cuando el tamaño de la marca es reducido en relación a la resolución de la imagen y, por tanto, se pierde precisión en la localización. Estos no son un problema en nuestra aplicación ya que:

- El usuario estará cerca de la maqueta y por tanto cerca de la marca o patrón que se debe detectar
- El tamaño del soporte ha de ser proporcional al tamaño de la maqueta, y las maquetas reales son de proporciones elevadas para conseguir un elevado detalle del modelo y su apreciación por el usuario.

Los errores dinámicos ocurren cuando el movimiento de la marca, del usuario o de las condiciones de captura provocan la pérdida de la marca. Aquí tampoco representan ningún problema, porque el movimiento de la maqueta o del usuario estará restringido a acercarse, alejarse y desplazarse alrededor, habitualmente de una forma pausada, para observar la maqueta.

El método en concreto se puede dividir en dos grandes bloques:

- Búsqueda y detección de la marca.
- Estimación de coordenadas.

Un problema muy importante del sistema propuesto es su comportamiento frente a oclusiones de la marca. En el momento en que no es capaz de capturar la marca completa, se pierde la referencia y no se sabe dónde ubicar los elementos virtuales. Una primera solución probada fue mantener la última posición conocida en ausencia de marcas detectadas, pero se comprobó que iba muy en detrimento de la percepción del usuario sobre el rendimiento del sistema. Así pues, se procedió a trabajar con un número mayor de marcas, de forma que siempre se pueda percibir al menos una, independientemente de la posición de la mano del usuario cuando se opera de modo normal, es decir, descartando situaciones en que, por ejemplo, la mano ocupa la mayor parte del campo visual.

Búsqueda y detección de la marca

Tipos de marcas

Una vez escogido el método de posicionamiento, detección de posición mediante una marca conocida, debemos preguntarnos cual es la mejor marca o el mejor patrón para conseguir una eficaz detección y minimizar los posibles errores.

Los criterios utilizados para construir las marcas son:

- La marca debe permitirnos determinar la posición y orientación respecto de la cámara sin ambigüedades.
- No se debe dar más importancia a unas orientaciones que a otras.

- La imagen de la marca debe pertenecer a un conjunto de imágenes que no puedan ser confundidas unas con otras.
- Debe ser fácil de localizar e identificar usando algoritmos rápidos y simples.
- Las imágenes deben ser fácilmente detectables y reconocibles en un amplio margen de resoluciones de la cámara.



Algoritmo de posicionamiento

EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

Debido a la naturaleza del proyecto y a su forma de utilización, los errores de posicionamiento van a ser mínimos porque el usuario va a estar cerca de la marca.

Para la visualización correcta de una maqueta, los ángulos empleados suelen ser sobre los 45 grados o por encima. Observamos que para ángulos mayores de 45 grados y distancias menores de 500mm los errores de posicionamiento se mantienen dentro de un margen de -10 a 10 mm, que se considera un error pequeño para esta aplicación.

Para los errores de inclinación, los resultados son aún mejores, ya que para ángulos mayores de 45 grados el error de inclinación para distancias a la marca menores de 500mm es inapreciable. Se han escogido distancias menores de 500mm por considerar que es la distancia media a la que un usuario se coloca para ver la maqueta y, por tanto, la distancia a la que estará la cámara de la marca.

Para este proyecto, se considera que este estudio es suficientemente claro y preciso y no se ha llevado a cabo ningún otro.

Para paliar el efecto negativo que las oclusiones provocan en la detección de la marca, se pensó en utilizar más marcas para, de esa manera, tener siempre a la vista alguna de ellas y lograr la detección y el posicionamiento. Hay seis marcas alineadas alrededor del exterior de la superficie que sustenta la marca.

En un archivo que se lee durante la ejecución de la aplicación, se detallan los parámetros de esta marca especial. Se necesita conocer el número de marcas que tiene el patrón, el archivo donde se describe la imagen que contiene cada marca, la longitud de la marca, y una matriz donde se indica la posición de cada marca respecto al centro de los ejes de coordenadas.

Con este método se mejora la detección de la marca y el posicionado de los objetos virtuales, pero supone mayor procesamiento. Además, también se producen oclusiones de parte de las marcas, lo que conlleva un cierto error. Para reducir estos errores, las marcas se consideran por separado y, además, como componentes de un grupo en el que están alineadas. Esto es, cuando se calculan los segmentos que rodean a una marca por sus cuatro lados, se tiene en cuenta que cada marca está alineada con las que le rodean y que la dirección de estos segmentos ha de coincidir. De esta manera se reducen los errores en el posicionamiento. Se sabe donde está cada marca porque cada una de ellas lleva un identificativo único que las diferencia del resto. Además, en el archivo antes mostrado, se especifica cual es la posición de cada marca respecto del conjunto.

BIBLIOGRAFÍA

AZUMA, R. "Tracking Requirements for Augmented Reality", *Communications of the ACM*, 36(7), Julio 1993, pp. 50-51.

AZUMA, R. *Predictive Tracking for Augmented Reality*, University of North Carolina at Chapel Hill, 1996.

DRAKOS, N., Moore R., "Applying Hypermedia Techniques to Augmented Reality Environments"

WELLNER P., W. Mackay y R. Gold, "Computer augmented environments: Back to the real world", *Special Issue of Communications of the ACM*, 37(7), Julio 1993, pp 24-26.