

Aplicación de nuevas interfaces en entornos museográficos: la Virtual Showcase

I. Macía*, L. Mahalic**, A. Susperregui*, E. Carrasco**, M.T. Linaza*, A. Stork**

*Asociación VICOMTech, Paseo Mikeletegi 57, Donostia-San Sebastián, Spain

** Institute Fraunhofer IGD, Darmstad, Germany

Resumen

El acceso intuitivo a la información en los entornos reales es un reto para las tecnologías de la Sociedad de la Información. En esta línea, se ha desarrollado una nueva interfaz de interacción para aplicaciones de Realidad Mixta denominado Virtual Showcase. El dispositivo ha sido concebido para su aplicación en museos y exposiciones, dada su compatibilidad con los expositores tradicionales de los museos y permite ofrecer información adicional al visitante de manera sencilla, directa e intuitiva.

Qué es la Realidad Mixta

En la actualidad, los conceptos de Realidad Virtual y Aumentada pueden considerarse como una unidad. Un entorno virtual es aquel en el que el participante se ve totalmente inmerso en un mundo completamente sintético, que puede o no reproducir las características del mundo real, que puede exceder las fronteras de lo natural creando un mundo en el que no existan los conceptos de gravedad o tiempo. En oposición, el mundo real está totalmente definido por las leyes de la física. En lugar de considerar estos dos términos como antónimos, pueden considerarse los extremos de un proceso continuo, tal y como muestra la Figura 1.



Figura 1 Representación simplificada.

El extremo a la izquierda representa cualquier entorno que consta únicamente de objetos reales y que incluye todo lo que puede observarse en la contemplación de una escena real. El caso de la derecha define entornos únicamente de objetos virtuales, generados a partir de simulaciones de ordenador.

Dentro de este marco, es necesario definir un entorno de Realidad Mixta genérico como un entorno en el que coexisten los objetos reales y virtuales presentados en un único sistema de proyección.

Dentro de este contexto, los dispositivos de Realidad Aumentada son aquellos que la imagen primaria corresponde a un entorno real, que se aumenta mediante gráficos generados por el ordenador. Estas imágenes muestran información o pueden utilizarse como herramientas interactivas para el control del entorno. En contraste, los dispositivos de Virtualidad Aumentada son aquellos en los que el mundo virtual se aumenta mediante objetos reales.

Configuración básica

La Virtual Showcase tiene el mismo factor de forma que un expositor convencional en forma de urna. En su interior, pueden colocarse objetos reales de interés cultural o científico, que pueden ser enriquecidos o aumentados mediante la proyección de gráficos tridimensionales estereoscópicos generados por computador, y animaciones.

De esta manera, dentro de la Virtual Showcase, las proyecciones virtuales y los elementos físicos comparten el mismo espacio, formando un sistema de Realidad Aumentada. El dispositivo también puede utilizarse exclusivamente como dispositivo de Realidad Virtual, como es el caso de la presente aplicación.

La interfaz de la Virtual Showcase es familiar e intuitiva para el visitante de una institución cultural. Varios visitantes pueden situarse alrededor de la mesa de proyección e interactuar simultáneamente con ángulos de visión diferentes. Los diferentes usuarios son localizados a través de un sistema de seguimiento, que genera la vista adecuada del objeto virtual con relación al usuario, tal y como ocurriría si el objeto fuera real.

Tal y como muestra la Figura 2, la Virtual Showcase consta de dos partes principales (los números en paréntesis se corresponden con los números en la figura): una configuración convexa de espejos semiplateados (1) y una pantalla gráfica plana para la proyección de gráficos tridimensionales estereoscópicos (2) a través de un dispositivo de retroproyección. Los espejos se colocan sobre la pantalla gráfica.

El contenido de la Virtual Showcase se ilumina mediante una fuente de luz controlable (3), mientras que los gráficos se visualizan mediante gafas especiales (5) que permiten interactuar con el dispositivo y conseguir la sensación de estereó. El movimiento de la cabeza se monitoriza mediante un sistema de seguimiento (6) con sensores ópticos o electromagnéticos (4). Los gráficos generados se proyectan sobre la pantalla y se reflejan en los espejos semitransparentes. El visitante tiene la sensación de que los objetos virtuales proyectados se sitúan dentro de la urna, compartiendo el espacio con los objetos reales que se sitúan en su interior.

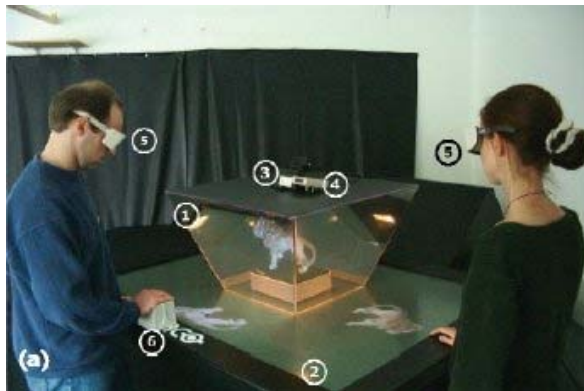


Figura 2 Prototipo tronco-piramidal de la Virtual Showcase (Cortesía de O. Bimber).

Tecnologías asociadas

Tecnologías de visualización

Para incrementar la sensación de realismo y de inmersión en un entorno tridimensional generado por computador, son necesarios dispositivos de proyección específicos. Los Head-Mounted Displays (HMDs) han sido tradicionalmente los dispositivos de visualización más utilizados en aplicaciones de Realidad Mixta. Un HMD es un casco estereoscópico que porta dos pantallas junto con los sistemas ópticos para cada ojo, de forma que la imagen se genera en el propio dispositivo, mezclando los gráficos virtuales con los objetos del mundo real.

Este tipo de dispositivos presenta algunos inconvenientes entre los que cabe destacar:

- Una resolución y campo de visión deficientes.
- Inconvenientes ergonómicos debido a la aparatosis de los dispositivos.

Una alternativa incluye los dispositivos de proyección frontal en el espacio, que proyectan imágenes directamente en la superficie de los objetos reales. Esta alternativa resuelve algunos inconvenientes que presentan los HMDs, pero introduce nuevos problemas entre los que destacan

- Sombras proyectadas por los usuarios y los objetos reales.
- Restricciones en el área de proyección, que queda determinada por el tamaño, forma y color de los objetos físicos reales.

Los sistemas de proyección basados en espejos semiplateados se incluyen dentro de este grupo de tecnologías, que tratan de conseguir la transformación adecuada mediante medios ópticos. Para que el objeto virtual no aparezca deformado, se requieren una serie de transformaciones a la hora de generar las imágenes tridimensionales.

La Virtual Showcase es capaz de generar imágenes tridimensionales en tiempo real para uno o múltiples usuarios, utilizando sistemas ópticos formados por espejos semiplateados planos o curvos (Figura 3). El espacio que se sitúa detrás del sistema de espejos, en el interior de la urna, se denomina espacio de imagen (image space) y en él coexisten los objetos virtuales y reales. La zona donde se proyectan las imágenes virtuales deformadas se denomina espacio de objetos (object space).

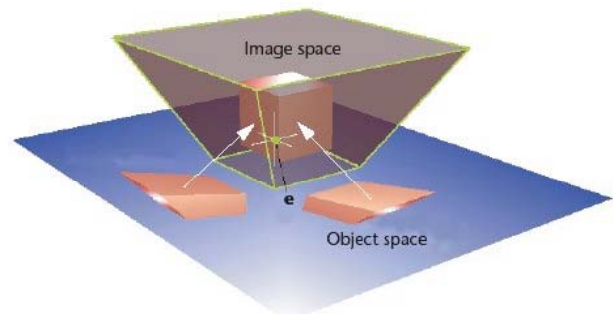


Figura 3 Concepto de espacio de imagen y espacio de objetos (Cortesía de O. Bimber).

En función de la geometría de los espejos, existirá un mapeo diferente entre el espacio de imagen y el espacio de objetos. Este mapeo define la forma en la que deben deformarse los objetos virtuales generados, para que, al reflejarse en el conjunto de espejos, se vean sin deformar en el espacio de imagen.

Tecnologías de visión estereoscópica

La sensación tridimensional inmersiva se consigue mediante la proyección de gráficos estereoscópicos, generándose diferentes imágenes para el ojo izquierdo y el ojo derecho del usuario. Existen fundamentalmente dos tipos de sistemas estereoscópicos que combinan dichas imágenes para ofrecer al usuario una sola imagen con sensación de profundidad: sistemas de estéreo activo y sistemas de estéreo pasivo [8]. En ambos métodos, el usuario debe llevar puestas unas gafas especiales. En el primero de los casos, las gafas incluyen componentes electrónicos, cosa que no ocurre en el segundo caso.

Los sistemas de estéreo activo son los que ofrecen una mayor calidad y generalmente, tienen también un coste superior. Son sistemas tipo frame sequential, en los que las imágenes correspondientes al ojo izquierdo y derecho se alternan en rápida sucesión (típicamente 120 Hz.). Los obturadores LCD de las gafas (shutters) van alternativamente de opaco a transparente en perfecta sincronización con el par de imágenes estéreo. Esto se logra mediante un sistema electrónico de sincronización por cable o infrarrojos. Los proyectores utilizados deben ser capaces de trabajar a elevadas frecuencias y generalmente, son de tipo CRT.

Los sistemas de estéreo pasivo más comunes utilizan un conjunto de dos proyectores con sendos filtros polarizadores a la salida de los rayos. Las gafas no disponen de componente electrónico alguno, sino que llevan incorporados unos filtros análogos a los que se colocan en los proyectores. Los gráficos pueden ser generados por un sólo ordenador en modo multipipe o con dos ordenadores semi-independientes sincronizados.

Sistemas de seguimiento (tracking)

El reto actual asociado a la Realidad Mixta se centra en mantener una alineación precisa entre los objetos reales y virtuales. Los sistemas de seguimiento detectan la posición y orientación de las diferentes partes del cuerpo, de modo que los gráficos proyectados se generan en función de la posición del usuario.

Los sensores de seguimiento pueden ser implementados empleando diferentes tecnologías. Los sensores más empleados son de tipo electromagnético y óptico.

Los sistemas magnéticos emplean emisores y receptores electromagnéticos para medir la posición de las partes del cuerpo del sujeto respecto de una referencia absoluta. Este tipo de sistemas es fácil de usar y proporciona unos datos razonablemente precisos, imponiendo pocas limitaciones al movimiento del sujeto o del objeto a seguir.

Las principales desventajas de este tipo de sistemas radican en el tiempo requerido para su calibración y en que deben emplearse en entornos especialmente acondicionados para ello, dado que la presencia de materiales metálicos puede alterar las medidas.

Los sistemas ópticos están basados en el uso de cámaras para el seguimiento de unos marcadores colocados sobre el cuerpo del sujeto u objeto cuyo movimiento se desea seguir. Dichos marcadores pueden ser pasivos, habitualmente, esferas recubiertas de material reflectante (Figura 4), o activos, generalmente pequeños leds alimentados con baterías.

En el caso más común de usar marcadores reflectantes, las cámaras incorporan un sistema de iluminación alineado con ellas, generalmente basado en infrarrojos, el cual ilumina el campo de visión de las cámaras. Al igual que los sistemas magnéticos, los sistemas ópticos deben ser calibrados.



Figura 4 Marcadores reflectantes.

Permiten utilizar áreas de captura más amplias que los sistemas magnéticos y los datos obtenidos están menos afectados por errores o ruido en los sensores.

Técnicamente, las principales dificultades que plantea el uso de sistemas ópticos residen en la identificación de los marcadores y en el tratamiento de las oclusiones. Técnicamente, se conoce con el término oclusión el hecho de que un marcador se oculte a la visión de una o varias cámaras.

En los sistemas ópticos, los marcadores deben ser identificados mediante sofisticados algoritmos que deben ser capaces de asociar cada marcador con las “sombras” o proyecciones que produce en cada cámara. Estos algoritmos deben, además, considerar la posibilidad de que un marcador puede estar oculto a la visión de una o varias cámaras. Habitualmente, los sistemas ópticos resuelven estos problemas mediante el uso de cámaras adicionales.

Aplicación real de la Virtual Showcase en entornos museísticos: el caso del Museo de San Telmo

Definición del evento

La primera utilización a escala mundial de un prototipo de la Virtual Showcase como experiencia piloto de las nuevas tecnologías en los entornos museográficos, se engloba dentro del contexto de la exposición *FERRUM. Burdina Gipuzkoan. El hierro en Guipúzcoa*, situada en el Museo de San Telmo en Donostia-San Sebastián.

Este es un proyecto de Investigación Aplicada con relación a las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), que quiere investigar el modo en que la ciudadanía participa en entornos culturales con interfaces tecnológicas.

El presente proyecto busca comprender cómo puede el museo asumir más plenamente su papel de difusor del patrimonio cultural y cuáles son las herramientas que las nuevas tecnologías (TIC) pueden ofrecer para mejorar esta función. En concreto, se trata en este caso de tecnologías de Realidad Virtual aplicadas a la difusión del patrimonio cultural.

El prototipo de la Virtual Showcase se ha utilizado como un expositor de Realidad Virtual en el que se muestran reproducciones tridimensionales completas de piezas histórico-arqueológicas que se exhiben en la exposición. De esta manera, las nuevas tecnologías aumentan la información que percibe el visitante sobre las piezas de una manera natural, interactiva e intuitiva.

A la entrada de la exposición, el visitante se encuentra frente a él la Virtual Showcase de grandes dimensiones, situada en un espacio oscuro, donde la proyección de los objetos virtuales se lleva a cabo de una forma más clara y espectacular (Figura 5).



Figura 5 Prototipo de la Virtual Showcase en el Museo de San Telmo.

Los objetos histórico-arqueológicos recreados en la Virtual Showcase han sido seleccionados en función de su idoneidad según una convicción clara: la visión del objeto real no puede ser superada por el objeto virtual a no ser que esta imagen pueda aportar más información sobre el objeto que ayude a su mejor comprensión.

Características del prototipo utilizado

Sistema de visualización

Entre todas las posibles configuraciones de la Virtual Showcase, se ha elegido una urna de volumen convexo en forma de tronco piramidal de base cuadrada para el presente evento, tal y como puede verse en la Figura 6.

En dicha figura, puede verse la proyección estereoscópica de una pieza dentro de la Virtual Showcase, las gafas con los marcadores reflectantes y una de las cámaras de infrarrojos del sistema de seguimiento. También puede distinguirse que la disposición de los marcadores es diferente en cada uno de los lados de la mesa.

El sistema de visualización de gráficos utiliza técnicas de retroproyección basadas en proyectores. El sistema de proyección estereoscópica utiliza por primera vez estéreo pasivo, con sendos filtros polarizantes en los proyectores y gafas de visualización.



Figura 6 Vista del prototipo de la Virtual Showcase del Museo de San Telmo.

Este método de proyección se ha preferido respecto al estéreo activo por las siguientes razones:

- El hardware asociado a la proyección en estéreo activo es más costoso, desde las tarjetas que deben soportar cuádruple buffer para estéreo, los proyectores que deben trabajar a elevadas frecuencias y las gafas que incorporan sistema electrónico.
- Los proyectores capaces de proyectar en estéreo a frecuencias elevadas suelen ser de tipo CRT. Por ello, se suelen instalar tubos de fósforo rápido para soportar frecuencias de hasta 120 Hz., lo que encarece el prototipo. Adicionalmente, los proyectores son aparatosos y poco manejables.
- Los sistemas de estéreo activo, en conjunción con los proyectores CRT presentan un problema de aparición de sombras o ghosting en la parte inferior de la imagen. Esto se debe a que el haz de electrones tarda un cierto tiempo en recorrer toda la pantalla de arriba abajo.
- En lugares públicos las gafas activas resultan ser demasiado frágiles y pueden marear al visitante.

A continuación, se detalla el funcionamiento del sistema de retroproyección. Los gráficos tridimensionales generados por computador se envían a una pareja de proyectores (Figura 7), recibiendo y proyectando cada uno de ellos la imagen que deberá llegar a uno de los ojos del espectador. Los proyectores se calibran de manera que la imagen proyectada por ambos se superponga, ayudándose para ello de los controles de movimiento y keystone.



Figura 7 Disposición de los proyectores.

Las imágenes estereoscópicas se proyectan sobre un espejo situado a un ángulo de 45° respecto a la vertical y son reflejadas en una pantalla o mesa de proyección (Figura 8), sobre la que se sitúa la Virtual Showcase.



Figura 8 Sistema de retroproyección por espejos.

Se proyecta una vista del objeto por cada lado útil de la mesa de proyección. De esta manera, es posible visualizar el objeto en cada uno de los lados, si bien uno de ellos debe quedar libre para no obstruir la proyección. Debido a la utilización de las técnicas de estéreo pasivo, el sistema queda a limitado a tres lados de visualización útiles.

Los gráficos tridimensionales son generados por un computador con configuración de pantalla en modo twinview, con salida doble, una para cada uno de los proyectores.

Sistema de seguimiento

El sistema de seguimiento utilizado en esta aplicación es de tipo óptico. Utiliza dos cámaras de infrarrojos (Figura 9), que registran el movimiento de unos marcadores reflectantes en forma de bolitas, con las que van equipadas las gafas de los usuarios interactivos.

Para evitar en lo posible el fenómeno de oclusión de los marcadores, que resulta más crítico al emplear sólo dos cámaras, éstas se han debido instalar a una altura considerable, cercana a los tres metros.



Figura 9 Cámara de infrarrojos del prototipo.

Existen tres gafas equipadas con marcadores (gafas tractoras), una para cada uno de los tres lados activos de la Virtual Showcase. La configuración de marcadores para las gafas se ha elegido de manera que se eviten los fenómenos de oclusión y los marcadores sean fácilmente visibles por las cámaras. Por ello, cada par de gafas presenta una configuración de marcadores adecuada a su zona de trabajo y posición respecto a las cámaras.

La información sobre la posición de la cabeza del usuario se envía a un computador, encargado de la adquisición de los datos del sistema de seguimiento. Dichos datos son enviados a través de una conexión directa por red a su vez al computador que genera los gráficos, para generar la imagen adecuada según la posición del usuario.

Diferencias con el prototipo de laboratorio

La instalación del prototipo en el museo ha presentado una serie de problemáticas que no se han contemplado en el prototipo en el laboratorio, que derivan fundamentalmente de que el museo es un recinto público, con personal tecnológicamente no cualificado. Esto exige una mayor robustez del conjunto, y un mantenimiento y puesta a punto sencillos.

Uno de los principales problemas que se han resuelto es la posible descalibración del sistema de seguimiento y de los proyectores ante movimientos o sacudidas. En el caso de las cámaras del sistema de seguimiento, este problema se vio mayormente dificultado por la imposibilidad de colgar dichas cámaras del techo del museo, por ubicarse la Virtual Showcase en el coro de la iglesia.

Todo ello ha obligado a construir una gran estructura de soporte que cumple una doble misión. Por un lado, permite colgar las cámaras y aporta rigidez para que éstas

no se descalibren con el posible impacto de las personas. Por otro lado, protege el hardware del sistema de manera que éste no resulta visible al público en general. Con todo ello, las cámaras del sistema de seguimiento y los proyectores no corren peligro de descalibrarse fácilmente.

Igualmente, los marcadores deben colocarse en las gafas de manera que permanezcan en posición fija y sin romperse fácilmente durante el transcurso de la exposición. De otra manera, el sistema dejaría de reconocer las gafas como un objeto calibrado.

Por ello, las gafas se han preparado de manera que cada una funciona sólo en uno de los lados de la Virtual Showcase. Esto evita que los observadores activos se obstaculicen y permite tener un mayor control de la utilización adecuada de las gafas. También se han puesto a disposición gafas sin marcadores para observadores pasivos.

Finalmente, debido a la diferencia de estaturas entre los posibles usuarios, entre los que se incluyen niños, se ha optado por colocar escalones en los laterales. Esto permite que todo el mundo pueda ver las piezas desde la altura óptima, en la que la línea de visión se sitúa a la altura de la Virtual Showcase.

Conclusiones y futuras líneas de trabajo

La implementación del primer prototipo a escala mundial de la Virtual Showcase en un entorno museográfico va a permitir evaluar el impacto de las nuevas tecnologías en la difusión del patrimonio cultural. En este sentido, este proyecto de investigación constituye un primer paso hacia la integración de dichas tecnologías en entornos tradicionalmente poco avanzados tecnológicamente.

De la respuesta del público dependerá en buena medida las líneas de trabajo que se seguirán en un futuro. En principio, dichas líneas van a estar orientadas hacia una mejora de los prototipos actuales y hacia una integración de nuevos elementos que proporcionen más información y de manera más intuitiva (avatares conversacionales antropomórficos).

Entre las mejoras ya en fase de estudio, pueden citarse la implementación de prototipos con mayor resolución, menor tamaño y con sistemas de seguimiento más versátiles y robustos.

Agradecimientos

La tecnología básica de la Virtual Showcase ha sido desarrollada por el instituto Fraunhofer CRCG, Providence, USA [1]. En estas líneas, queremos agradecer la colaboración desinteresada del Profesor Bimber, durante el transcurso del presente proyecto de investigación.

El prototipo pasivo ha sido desarrollado en colaboración con el Departamento de Aplicaciones Industriales (división A2) del instituto Fraunhofer IGD, Darmstadt.

La exposición se engloba dentro del proyecto “Aplicaciones de Tecnologías de Realidad Virtual y Aumentada a la difusión del Patrimonio”, financiado por el programa PROFIT 2002 del Ministerio de Ciencia y Tecnología, y se realiza en colaboración con la Universidad de Deusto y el Museo de San Telmo.

Referencias

- [1] R. Azuma, “A Survey of Augmented Reality”, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385, 1997.
- [2] R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier and B. MacIntyre, “Recent Advances in Augmented Reality”, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 6, pp. 34-47, 2001.
- [3] O. Bimber, L. M. Encarnação and P. Branco, “The Extended Virtual Table: An Optical Extension for Table-Like Projection Systems”, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 10, No. 6, Dec. 2001.
- [4] O. Bimber, B. Fröhlich, D. Schmalstieg and L. M. Encarnação, “The Virtual Showcase”, *IEEE Computer Graphics & Applications*, Vol. 21, No. 6, Nov/Dec 2001.
- [5] F.P. Brooks, “What's Real About Virtual Reality?”, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 16, No. 6, pp. 16-27, 1999.
- [6] E. Gobbetti and R. Scateni, “Virtual Reality: Past, present and future”, in G. Riva, B.K. Wiederhold, and E. Molinari editors, *Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience: Methods and Techniques in Advanced Patient-Therapist Interaction*, Amsterdam, The Netherlands, pp. 3-20, November 1998.
- [7] D. P. Mahoney, “Showing Augmented Reality”, *Computer Graphics World*, Vol. 24, No.11, pp. 18-20, 2001.
- [8] http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/stereographics/pas_sive