

La realidad virtual en el aprendizaje de historia mediante la interacción con humanoides virtuales

Alejandro Beacco, Albert Muñoz, Isaac Besora, Carles Creus,
Nuria Pelechano, Pere Brunet

¹ Llenguatges i Sistemes Informàtics
Universitat Politècnica de Catalunya,
C/ Jordi Girona 1-3
{abeacco, amunoz, ibesora, npelechano, pere}@lsi.upc.edu

Abstract. La realidad virtual ofrece la posibilidad de interactuar de manera inmersiva en mundos virtuales 3D. Estos mundos virtuales pueden ser representaciones de otros momentos históricos que permiten al usuario explorar los modelos virtuales como si de una visita turística al pasado se tratase. En este proyecto se ha realizado una reconstrucción virtual de la antigua ciudad romana de Tarragona (Tarraco) para ofrecer un entorno interactivo en el que los visitantes a la exposición puedan navegar por diferentes partes de la ciudad así como interactuar con humanoides virtuales representando romanos que ayudarán al usuario a recopilar información histórica y aprender mediante un sencillo juego interactivo.

Keywords: Realidad Virtual, Entornos Inmersivos, Humanoides Virtuales

1 Introduction

La realidad virtual ayuda en la creación de mundos inmersivos donde las personas pueden interactuar en tiempo real con humanoides virtuales. Estos mundos inmersivos facilitan el aprendizaje interactivo y hacen más atractivo el estudio de la historia permitiendo transportarnos virtualmente a otras épocas. Por ello, el empleo de juegos de realidad virtual en museos resulta un área de aplicación de la realidad virtual muy interesante.

Es en este contexto en el que se enmarca este proyecto, concebido para dar servicio al Centro de Exposición de la ciudad de Tarragona y que ha de permitir la visualización de una antigua ciudad romana en tres dimensiones (Tarraco, actualmente conocida como Tarragona). Se pretende, por tanto, que el sistema que se implementa proporcione soporte histórico a la visita que realice el público asistente, en forma de un visualizador 3D y de juego interactivo con humanoides virtuales proporcionándonos información y retos a medida que avanza el juego.

En la Figura 1 podemos observar la visualización de un modelo de teatro romano con un romano virtual con el que podremos interactuar en tiempo real para obtener información histórica sobre la antigua Tarraco.



Figura 1. Modelo de teatro romano y de romano virtual.

2 Humanoides Virtuales

Para la representación, visualización y control de las animaciones de los avatares utilizamos HALCA [5] una librería de animación de personajes 3D basada en esqueletos, y escrita en C++. HALCA expande las funcionalidades de la librería Cal3D [4] y mejora la calidad visual de los agentes incorporando shaders y aceleración hardware para las animaciones.

En cuanto a la representación de los personajes del juego, es necesaria la obtención tanto de modelos como de animaciones de cierta variedad de avatares 3D compatibles con la mencionada librería HALCA. En este apartado, se requiere el uso de software de modelado y animación como 3D Studio Max para posteriormente exportar los modelos creados al sistema.

HALCA nos ofrece una forma sencilla y directa de cargar distintos personajes, los cuales están definidos por el conjunto formado por la malla, el esqueleto y las animaciones para posteriormente poder hacer un render desde cualquier visualizador. Además, nos da la posibilidad de combinar varias animaciones (haciendo blending), definiendo un peso para cada una y el tiempo que queremos que se tarde en llegar a ese peso. Por último se puede establecer la velocidad de la animación, es decir un diferencial de tiempo por el que se multiplicará el tiempo entre frame y frame de la animación. Así podremos obtener más variedad de animaciones a partir de una sola animación (donde las diferencias estarán en la velocidad de reproducción, así como el sentido de la misma si el parámetro otorgado es negativo)

3 El Visualizador

El principal reto para la visualización se presenta durante la preparación de los modelos para su visualización en tiempo real. Los modelos originales de que disponíamos habían sido diseñados para realizar un audiovisual sobre el mismo tema y como tales gozaban de un enorme realismo. Uno de los objetivos de nuestro trabajo, consiste en representar con la máxima exactitud estos modelos, pero en tiempo real, para que un usuario pueda inspeccionar de forma interactiva cualquier rincón de los mismos.

Para alcanzar dicho objetivo, una posibilidad sería emplear la creación de atlas de texturas, pero esta opción no resulta adecuada dado el enorme número de texturas necesarias para obtener una visualización de buena calidad. Otra posibilidad sería la utilización de ORIs [1], pero tampoco resulta adecuada por la enorme complejidad de algunos modelos. Finalmente para este trabajo se ha empleado una técnica que combina las hash textures [5], el *projective texture mapping* [3] y la utilización de impostores en relieve.

El primer paso consiste en utilizar el software de render con el que se crearon los modelos para llevar a cabo capturas, tanto de color como de profundidad, de cada uno de los modelos con la finalidad de generar impostores en relieve. Estos impostores nos ofrecen la ventaja de tener la iluminación incorporada. Utilizando estos impostores con la técnica del *projective texture mapping* sobre el modelo, se consigue una texturación del modelo que ya incluye la iluminación global sin necesidad de cálculos adicionales.

Dado que nuestro objetivo consistía en alcanzar una resolución muy elevada, para que los usuarios se pudieran acercar a cualquier sitio de los permitidos, se realizaron un total de entre 100 i 150 capturas por modelo. En un principio se empleó una técnica que consistía en seleccionar las 15 mejores capturas dado un punto de vista para la visualización y se utilizaba la profundidad guardada en los impostores para escoger cual era la textura que mejor representaba una zona. El problema de este método es que al mover nuestro punto de vista, se modifica la selección de las capturas y por tanto se cambia también el mapeado sobre el modelo.

Al detectar el problema anterior, se observó la necesidad de emplear un método diferente en que el mapeado de una zona no dependiese de los impostores seleccionados, como son las *hash textures*.

Para llevar a cabo el nuevo método, es necesario un preproceso donde se calcula una voxelización con voxels de 10 cm de arista para cada modelo. Dado un conjunto de impostores en relieve, se calcula para cada voxel cuál ofrece el mejor mapeado. Esta información se guarda en una hash texture que puede ser utilizada posteriormente durante la visualización. En otra fase de preproceso se agrupan dichos voxels según los impostores que ofrecen el mejor mapeado para tratar de minimizar los cambios de estado durante la visualización.

Tras la ejecución de la fase de preproceso, la visualización se reduce a, dado un conjunto de voxels, cargar en la GPU los impostores necesarios para mapearlos, dibujar la geometría del modelo sin texturar, y a continuación para cada fragmento visible, determinar a que voxel pertenece y acceder al impostor que la hash texture tiene almacenado para ese voxel. Este proceso se realiza para cada uno de los grupos

de voxels que componen el modelo. De este modo conseguimos una visualización rápida sin perder los detalles de iluminación utilizados en el audiovisual.

Para determinadas zonas del entorno virtual, como por ejemplo las tribunas del anfiteatro o del circo, se necesita que el usuario pueda navegar libremente lo cual implica ofrecer enorme precisión de visualización. Para conseguir este objetivo se emplean atlas de texturas y se combina la geometría de estas zonas con la técnica descrita anteriormente para visualizar todo el modelo en alta resolución.

4 El juego

El principal objetivo del sistema es transmitir información a los visitantes mediante el juego, tanto del contexto histórico como de la estructura y características de la ciudad romana de Tarraco. El visualizador y el juego se apoyan en una representación visual, fácil de asimilar. El juego es una experiencia interactiva, con participación activa por parte de todos los visitantes de la exposición. La aplicación desarrollada consiste en un sistema interactivo de realidad virtual, que emplea técnicas de estéreo pasivo para su visualización.

Se ha implementado un sistema, que da la opción al usuario de dos modos básicos de interacción.

- **Visita virtual:** en el que el usuario deberá poder pasear por la ciudad de Tarraco en época romana, visualizando los edificios y sus entornos de forma interactiva.

- **Juego:** en el que el visitante dispondrá de la opción de jugar mediante el mismo sistema basado en el visualizador y en los mismos entornos que el modo anterior. Para proporcionar variedad a este modo, se proponen dos modalidades de juego distintas:

- **Modalidad A: La búsqueda del gobernador**

En esta modalidad de juego, se incorpora una serie de personajes al entorno, agentes virtuales que representan romanos con determinadas funciones típicas en la época. El objetivo principal del juego es el de encontrar a dos de estos personajes (escogidos aleatoriamente de entre todos los romanos virtuales disponibles). Cuando el usuario encuentra a un personaje, puede interactuar respondiendo a las preguntas que realicen al visitante. Dependiendo de las respuestas, el usuario recibirá una puntuación determinada. Una vez se ha encontrado y contestado a los dos personajes, se pasará a buscar a un avatar final que representa el gobernador. Tras responder a todas las preguntas, el jugador recibirá su puntuación final.

- **Modalidad B: La búsqueda de objetos**

En este caso, en lugar de realizar la búsqueda de personajes, se buscaran dos objetos típicos de la época romana, que habrán sido situados aleatoriamente en el entorno virtual. Dependiendo del tiempo empleado para encontrar dichos objetos en el mundo virtual, se puntuará al visitante.

2.1 Arquitectura

El sistema se divide en dos módulos principales: uno que se encarga de la visualización en estéreo del modelo de la ciudad y de todos los elementos que deban ser visibles por el usuario durante su visita virtual o durante el tiempo de juego; y el otro que se encargará de la gestión de la interfaz empleada para la interacción y de la gestión de todos los elementos necesarios para el procesado de la información del juego. En la Figura 2 se puede observar la arquitectura del sistema.

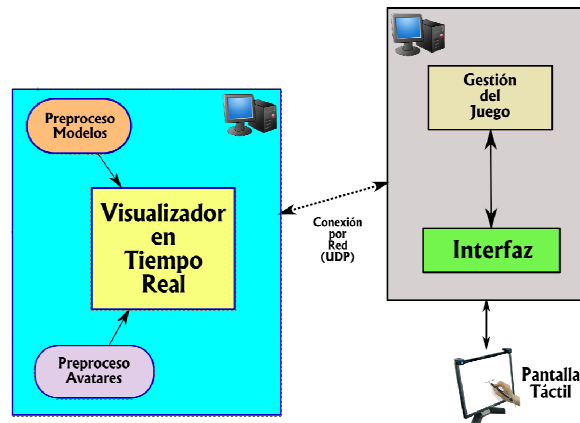


Figura 2: Arquitectura de la aplicación.

La aplicación que utilizarán los visitantes consta de tres fases: una fase inicial, el juego propiamente dicho, y una fase final.

En la fase inicial se presenta una introducción al contexto histórico del juego, para que el participante aprenda sobre la historia de la ciudad de Tarraco. A continuación, se presenta un menú con la lista de los posibles juegos que pueden escogerse. El usuario escoge uno de ellos, y entra en el juego.

Una vez completadas todas las fases del juego, aparece una pantalla final con la puntuación obtenida y se presenta información histórica adicional relacionada con el juego realizado, por ejemplo, datos históricos sobre alguno de los objetos o personajes que se han estado buscando.

Una vez que el usuario está jugando, este debe encontrar los objetivos que se le han propuesto en un tiempo máximo de 15 minutos. Para poder actuar ante el objetivo se dispone de un botón emergente que aparece cuando el jugador se sitúa a una distancia determinada del objetivo, y en cada caso ejerce la función que se espera (si se trata de objetos se permite cogerlos y con los personajes se activa la opción de hablar con ellos) sólo si se trata de uno de los objetivos que se debe encontrar.

Para el caso concreto de los personajes, se inicia una conversación en la que el avatar realizará una pregunta y a la vez aparecerá un formulario en la interfaz con cuatro botones correspondientes a las cuatro posibles respuestas que propondrá el personaje. La animación del mismo, corresponde en todo momento a la situación, así, por ejemplo, si nos está realizando la pregunta, simplemente se trata de una animación

de hablar, y cuando se responde pulsando uno de los cuatro botones, el personaje nos muestra su ánimo o desánimo dependiendo si se ha acertado o no con la respuesta.

2.2 Interfaz y pantalla táctil

Las formas de interacción que permiten una mayor inmersión por parte del usuario son aquellas que se basan en la percepción y el uso de los sentidos humanos. Por tanto, con el fin de aumentar esa sensación inmersiva se ha implementado la interfaz sobre una pantalla táctil que permita al usuario seleccionar, arrastrar y emplear todos los elementos presentes en la misma. En la Figura 3 podemos observar la interfaz del juego.



Figura 3: Interfaz del juego. Arriba podemos ver la vista general y las siluetas de los objetivos del juego. Abajo vemos la vista del modelo del anfiteatro y uno de los objetivos alcanzados.

Los usuarios pueden interactuar con los romanos virtuales y navegar por el modelo virtual de Tarraco mediante un kiosco como el utilizado para la reconstrucción virtual de la portalada de Ripoll [2]. Para ello se le proporcionara al usuario con unas gafas de estéreo pasivo. Una de las características más importantes de estos kioscos es que son de bajo coste, fáciles de montar y antibandálicos.

La interfaz empleada para el juego contiene los siguientes componentes:

- **Zona de Mapa:**

Se emplea la mayor parte de la interfaz para mostrar al usuario su situación y orientación en el entorno en un mapa que muestra la planta de la zona en la que se encuentra en cada momento.

El entorno dependerá de la elección del usuario mediante un mapa general de toda la ciudad. Un primer nivel llevará a una zona intermedia en la que el usuario puede navegar en vista de pájaro, sobre los edificios. Un segundo nivel permite

saltar a una zona en concreto, de mayor resolución. Dentro de esa subzona se permite al usuario navegar para observar el entorno como si estuviese andando.

Además, esta parte se usa también para que el visitante pueda modificar la posición, arrastrando con el dedo el icono que representará la posición en el mapa del mundo virtual en cada momento, así como la orientación del observador representada por un cono de visión que el usuario puede seleccionar y mover a derecha o izquierda.

- **TrackBall**

Si el usuario desea modificar su campo de visión para mirar hacia arriba o hacia abajo, podrá haciendo girar el trackBall arriba o abajo modificando así el campo de visión en vertical.

- **Zona de objetivos**

En esta sección el usuario dispone en todo momento de la silueta de los objetivos que se deben cumplir en el juego en curso, ya sean personajes u objetos.

La intención de estos botones será la de permitir al visitante consultar una pista que le pueda guiar con información relativa a la situación geográfica donde encontrar dichos objetivos, y que además le sirvan para saber, en todo momento, cuál es un objetivo resuelto y cuáles le quedan por descubrir.

2.3 Comunicación entre la interfaz y el visualizador

Como hemos visto en la sección 2.1, la arquitectura de nuestro sistema tiene por un lado un módulo que se encarga de la visualización del entorno virtual en tiempo real, y por otro lado un módulo que se hace responsable de la gestión del juego de aprendizaje.

El módulo de visualización se encarga de la visualización de un modelo de la ciudad de Tarraco de alta resolución compuesto por diversos edificios modelados con un número de polígonos muy elevado. Este módulo se ejecutará en un ordenador, mientras que por otro lado tendremos otro PC encargado de la gestión del juego y del interfaz. Empleamos una conexión por red para llevar a cabo la interacción entre la interfaz y el visualizador.

Esta comunicación se realiza mediante el protocolo UDP que no es orientado a la conexión, y por tanto se debe implementar un protocolo de *handshaking* para establecer el sincronismo necesario.

Una vez que esta conexión se ha establecido, la parte del sistema que implementa el juego envía la información necesaria en cada momento al módulo del visualizador. Esta información incluye los identificadores para saber qué modelos (avatares, objetos, y/o edificios) deberán ser visibles en cada momento. Así pues, en un envío inicial, la comunicación sirve para dar al visualizador una primera información general del juego (los objetivos, personajes u objetos, que deberán aparecer, las posiciones de dichos objetivos, las animaciones que se deberán cargar por avatar, etc...) y una vez el juego se está desarrollando, cada vez que se produce un evento en la interfaz, el sistema lo gestiona debidamente para comprobar de qué elemento proviene y en consecuencia mandar la información correspondiente al visualizador.

Habrán eventos que identifiquen un cambio de zona de visualización, otros que identifiquen los botones pertenecientes a los objetivos, y que inicien la visualización

de las pistas, y otros que serán los producidos por el cambio de la posición y la orientación del usuario mediante la modificación del icono que lo identifica.

La información relativa a posición y orientación del observador requiere un tratamiento especial, ya que serán mucho más frecuentes, dado que se lanzarán a cada detección de movimiento del icono en la pantalla táctil. Además, hay que tener en cuenta que el pintado del icono que representa la posición del usuario se realimenta con la posición real en el visualizador, una vez mapeada correspondientemente y en función de las áreas del entorno virtual por las que permitimos al usuario navegar libremente.

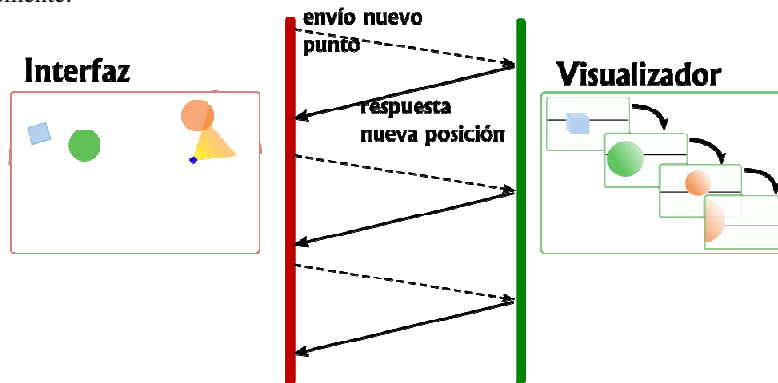


Figura 4. Comunicación de posiciones entre la interfaz i el visualizador

4 Resultados

En este artículo hemos presentado el proyecto de reconstrucción virtual de la ciudad romana de Tarraco mediante un juego interactivo que permite al usuario navegar por la ciudad de Tarraco interactuando con los romanos virtuales que nos ayudarán a descubrir y aprender sobre la época romana de la antigua ciudad de Tarragona. A continuación mostramos los resultados finales de la aplicación mediante una secuencia del juego.

En la Figura 5a podemos observar el mapa completo del modelo. Cuando el usuario selecciona el teatro, la interfaz pasa a mostrar únicamente el modelo del teatro visto desde arriba, y presionando otra vez en la pantalla táctil sobre el centro del teatro pasamos a navegar por el modelo virtual del teatro. Al mismo tiempo que nos movemos por la interfaz, observamos en el visualizador el modelo del teatro en alta resolución. En un momento dado al acercarnos al romano virtual disfrazado de actor, observaremos en el interfaz una pregunta histórica y 4 posibles respuestas (Figura 5b). Tras observar en la interfaz las cuatro alternativas podremos seleccionar la respuesta (Figura 5c) y finalmente en caso de acertar la respuesta podremos observar la felicitación del romano acompañada por la animación más adecuada (Figura 5d)



Figura 5. Ejemplo de una secuencia del juego.

Agradecimientos. Este proyecto esta parcialmente financiado por el MEC-TIN2007-67982-C02-01.

References

1. Andujar C., Boo, J., Brunet, P., Fairen, M., Navazo, I., Vazquez, P., Vinacua, A.: Omni-directional Relief Impostors. Proceedings Eurographics (2007)
2. Besora, I., Brunet, P., Chica, A., Morales, D., Moyés, J.: Real-Time Exploration of the Virtual Reconstruction of the Entrance of the Ripoll Monastery. Proceedings Congreso Español de Informática Gráfica, (2008)
3. Everitt, C.: Projective Texture Mapping. NVIDIA, <http://developer.nvidia.com/>. White paper. (2001)
4. Heidelberger, B.: Character Animation Library Cal3D. Proceedings ACM Siggraph (2006).
5. Lefebvre, S., Hoppe, H.: Perfect Spatial Hashing. 579-588 (2006)
6. Spanlang, B.: HALCA: A library for Presence Research. Technical Report, Event-Lab. Universitat de Barcelona, (2009)