



SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMIENTO PARA LA INTERACCIÓN CON ENTORNOS VIRTUALES ADAPTADOS A ESPACIOS FÍSICOS

Juan David Orejuela Bolaños, José Manuel Carvajal Ramírez, Jhorck's Anthony Cortés Eslava

**Universidad Autónoma de Occidente
Cali, Colombia**

Resumen

A pesar de los grandes avances de la Realidad Virtual (RV) existen todavía cuestionamientos sobre cómo hacer que las experiencias virtuales aprovechen el espacio físico finito en el que se implementan en relación con las realidades que despliegan ante el usuario. Tomando como referencia lo anterior y con el propósito de brindar un mayor grado de inmersión, se desarrolla un sistema de captura de movimiento llamado Mimo que permite hacer Room-Scaling para RV, reconociendo la posición del usuario dentro de un espacio físico y trasladándola a un entorno virtual adaptado a las dimensiones de la habitación, para evitar que el usuario tenga accidentes por incoherencias entre el espacio físico y el virtual.

A diferencia de otras soluciones ya existentes, el sistema desarrollado en este proyecto es escalable, pues cuenta con la posibilidad de expandir el espacio cubierto añadiendo más equipos; independiente del sistema para visualizar el entorno 3D, ya que se puede utilizar una CPU con Head Mounted Display o solamente smartphones; inmersivo, dado que el usuario podrá interactuar en el espacio virtual con controles que tienen un diseño físico adaptado a la experiencia; y accesible, debido a que usa tecnologías Open Source que disminuyen los costos de fabricación del sistema.

Palabras clave: Room-Scaling VR; Head Mounted Display; MoCap

Abstract

Despite the great advances in Virtual Reality (VR), there are still questions about how to take advantage of the finite physical space in which virtual experiences are implemented in relation to the realities that deploy to the user. With the purpose of providing a greater level of immersion, we developed a motion capture system called Mimo that allows Room Scaling for VR. This system recognizes the position of the user within a physical space and then use this data to transfer it to a virtual environment adapted to the dimensions of the room. This system prevents the user from having accidents due to inconsistencies between physical and virtual space.

Unlike other existing solutions, Mimo is scalable, because it has the possibility of expanding the covered space by adding more equipment to visualize the 3D environment, because it can use a CPU with a Head Mounted Display or only smartphones; Immersive, because the user can interact in the virtual space with controls that have a physical design adapted to the experience; And accessible, because it uses Open Source technologies lowering the manufacture costs of the system.

Keywords: Room-Scaling VR; Head Mounted Display; MoCap

1. Introducción

La tecnología de Realidad Virtual ha llegado a un punto de madurez tal que grandes compañías como Facebook, Google o HTC han empezado a experimentar con ella. Actualmente, el mercado se ha venido poblando de una gran variedad de cascos, dispositivos capaces de rastrear gestos y posiciones de las manos, y un sinfín de instrumentos que intentan hacer que la interacción del usuario con los entornos virtuales sea lo más natural posible, y así sumergirlo totalmente en el ambiente simulado.

Pero al parecer, hablar de una realidad virtual totalmente inmersiva parece ser todavía una utopía, debido a que por más avances que logren las compañías en cuanto a hardware y software, siempre estará presente un problema que no es tecnológico sino físico, el cual consiste en la inarmónica relación existente entre el espacio físico y el virtual, pues el usuario en el mundo virtual puede ver cosas que en la realidad no van a estar y que por lo tanto no va a poder sentir y palpar.

Para poder llegar a hablar de una inmersión total, se debe empezar, no solo con la mejora de la tecnología ya existente para interactuar con ambientes virtuales, sino en tratar de coordinar el mundo ficticio y el físico, haciendo que el usuario pueda ver y sentir los objetos virtuales con los que está interactuando. Por lo anterior, se propone un sistema de captura de movimiento que sea capaz de detectar la posición de un usuario y de los objetos físicos que lo rodean y con los cuales pueda interactuar, para que sean trasladados al entorno virtual, y así poder brindarle al usuario una mayor sensación de inmersión.

2. Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un prototipo del sistema de captura de movimiento que permita la interacción del usuario con entornos virtuales sobre espacios físicos.

Objetivos específicos

- Identificar metodologías y estrategias de diseño de sistemas multimedia que tengan en cuenta criterios de hardware, software y experiencia de usuario.
- Analizar la biomecánica y anatomía funcional de las extremidades humanas.
- Desarrollar un prototipo funcional que integre las componentes hardware y software del sistema de captura de movimiento como interfaz de interacción en entornos de realidad virtual.
- Diseñar e implementar un entorno de realidad virtual como caso de prueba que se adapte a un espacio físico en el cual está ubicado el usuario y que responda a los datos obtenidos por el sistema de captura de movimiento.
- Aplicar metodologías de evaluación de experiencias de usuario sobre el caso de prueba implementado.

3. Metodología

La investigación en este trabajo se compone principalmente de dos partes, la primera se basa en el método científico y permitirá definir el problema a resolver, elaborar las hipótesis de tecnologías y sistemas que podrían ser una posible solución, experimentar con dichas hipótesis y con los resultados obtenidos de las pruebas, poder concluir si las tecnologías planteadas pueden ser soluciones al problema definido. La segunda parte, se basa en la Metodología para el Desarrollo de Sistema Multimedia propuesta por Jesús David Cardona Quiroz (Cardona, 2015), cuya finalidad permite definir y desarrollar una experiencia virtual que será desplegada en el sistema construido en la primera parte. Es importante aclarar que en ambas partes de la investigación se utilizará Scrum como framework para el desarrollo ágil tanto del sistema funcional como de la experiencia a desplegar en dicho sistema.

Según los tipos de investigación dados por Carlos Sabino en su libro El Proceso de Investigación (Sabino, 1992), se asume que este proyecto se llevará a cabo bajo un tipo de investigación pura, pues se busca solucionar la problemática actual de la inmersión de los usuarios al utilizar la realidad virtual, pero no se interesa de manera directa e inmediata en las posibles aplicaciones que pueda tener el sistema multimedia que se obtendrá como resultado de este trabajo.

A continuación, se describen a mayor detalle cada una de las partes del desarrollo del proyecto:

- **Primera parte - Desarrollo del sistema funcional:** En este punto se llevará a cabo el desarrollo de la parte técnica del sistema a través de las siguientes fases basadas en el método científico:
 - **Fase 0 - Reconocimiento del estado del arte:** En esta fase se analizan algunos de los productos que se encuentran en el comercio y que intentan solventar el problema planteado en este proyecto.
 - **Fase 1 – Hipótesis y planteamiento de tecnologías necesarias:** Se plantean hipótesis sobre tecnologías que puedan componer el sistema multimedia para solventar el problema. Estos sistemas mezclarán entonces componentes software, hardware y experiencia de usuario.
 - **Fase 2 – Experimentación con tecnologías seleccionadas:** Etapa en la cual se seleccionan y se integran las tecnologías que en las pruebas realizadas en la fase anterior obtuvieron resultados positivos, para poder obtener modelos funcionales del sistema que cumplan con las funciones principales propuestas en los objetivos del proyecto.
 - **Fase 3 - Conclusiones:** Se realizan distintas pruebas del sistema que permitan identificar y corregir fallas en las componentes hardware, software y UX, y por último concluir si la parte técnica del problema pudo ser resuelta.
- **Segunda parte - Desarrollo de la experiencia virtual:** En este segundo punto, basado en la metodología de desarrollo de sistemas multimedia elaborada por Jesús Cardona, se desarrollará la experiencia virtual que experimentará el usuario con el sistema mediante las siguientes fases:
 - **Fase 1 - Reconocimiento del espacio y del usuario:** En este paso se identificará el espacio en el cual intervendrá el proyecto con el fin de determinar qué posibles escenarios se puede desenvolver.
 - **Fase 2 - Generación de conceptos, diseños y prototipos:** De acuerdo al espacio seleccionado en la fase anterior se propone una experiencia que se despliegue ante el usuario a través del sistema.
 - **Fase 3 - Producción e integración del sistema multimedia:** Se llevará a cabo la elaboración de la experiencia virtual. Luego, se desarrollarán las herramientas necesarias para la integración del sistema construido en la primera parte del proyecto con la experiencia virtual.
 - **Fase 4 - Evaluación integral del sistema multimedia:** En esta parte se evaluará la experiencia de usuario frente al uso del sistema y de acuerdo a la retroalimentación obtenida, se realizarán las respectivas correcciones.

4. Resultados

El sistema que se tiene como resultado despliega una experiencia virtual tipo shooter, y el usuario con un joystick en forma de arma de fuego, podrá presionar un gatillo y disparar a una serie de enemigos que aparecerán en el escenario virtual. El joystick cuenta en su parte superior con una Tablet, a través de la cual el usuario podrá visualizar el entorno virtual y poder así apuntarle a los objetivos. El usuario cuenta con un área de 2,4 metros de ancho y 2,1 metros de largo en el que podrá desplazarse junto con el arma para poder eliminar a todos los enemigos. Para lograr lo anterior el sistema captura la posición y rotaciones del joystick gracias a los siguientes elementos:

- **Mimo:** El aspecto físico de este dispositivo junto con sus principales componentes se puede observar en la figura 1.

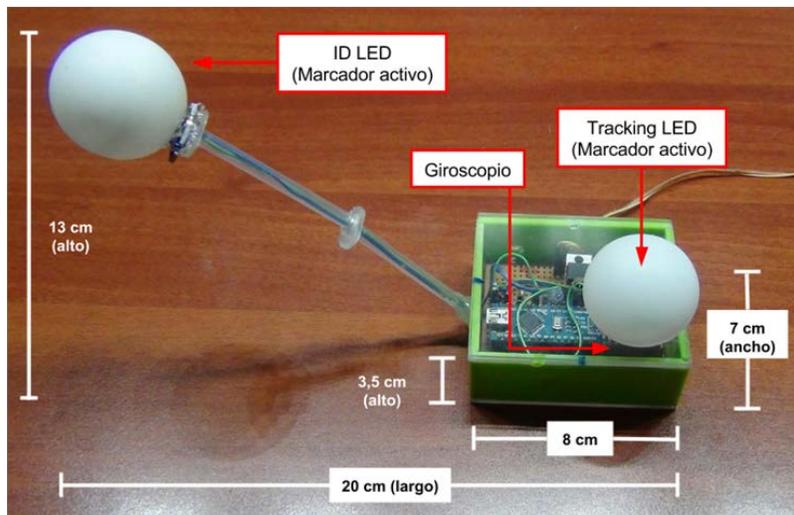


Figura 1. Modelo funcional del Mimo.

El Mimo se ubica en la parte superior del joystick, como se aprecia en la figura 2, pues cuenta con un giroscopio que le permite capturar la rotación del arma y una luz LED, a la que se le ha llamado como Tracking LED o Marcador de Tracking, que se enciende de manera permanente para que el sistema pueda saber la ubicación 3D del arma dentro del espacio intervenido.

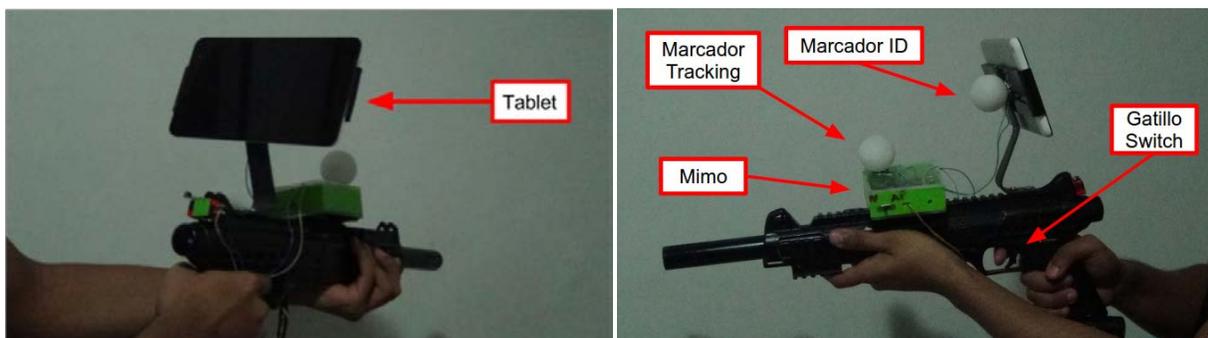


Figura 2. Joystick con forma de arma de fuego y con Mimo adaptado.

Entonces, el usuario podrá desplazar y rotar el arma para poder visualizar a través de la tablet el escenario 3D. El arma también cuenta con un gatillo conectado al Mimo para que el usuario pueda disparar a los objetivos que están en el escenario virtual.

- **Dos Cámaras Wi-Fi:** Cada cámara es capaz de detectar la luz generada por el Tracking LED del Mimo y enviar, vía WiFi a un servidor, la posición X,Y en píxeles en la que esa luz se encuentra dentro de los frames de vídeo capturados por dicha cámara. Estas cámaras se deben ubicar como lo muestra la figura 3 para cubrir un área de 2,4 metros de largo y 2,1 metros de ancho.

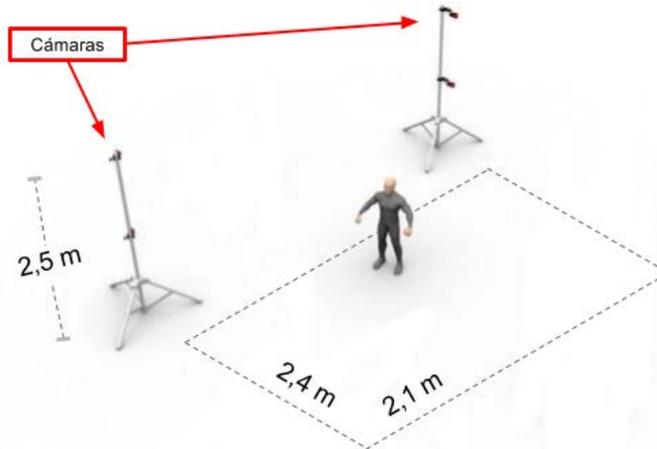


Figura 3. Configuración del espacio intervenido.

Para facilitar la instalación de las cámaras en distintos espacios, pero manteniendo la configuración y medidas mostradas en la figura anterior, se han diseñado dos soportes metálicos como los que se ven en la figura siguiente:

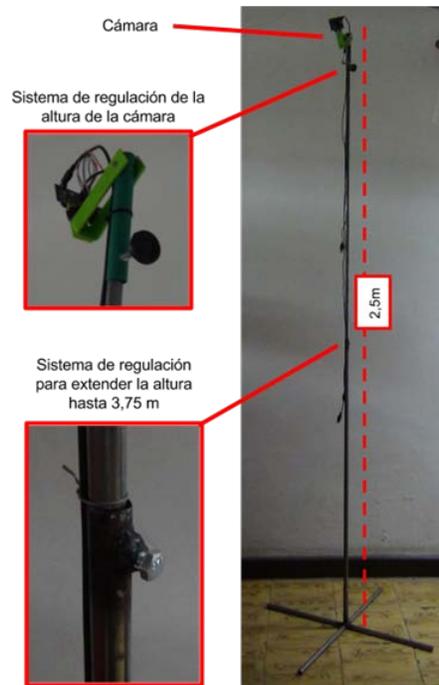


Figura 4. Soportes metálicos para las cámaras.

- **Servidor de tracking:** Servidor encargado de recibir las posiciones X,Y del tracking LED del Mimo provenientes de las cámaras, y triangularlas para obtener su posición 3D. Además, recibe los datos de rotación provenientes del mismo Mimo, pues éste los envía directamente al servidor vía WiFi. Por último, el servidor envía los datos al cliente, en el que la posición y rotación de un objeto 3D cambiará respecto a los movimientos del Mimo o del joystick, como se puede ver en la figura 5.

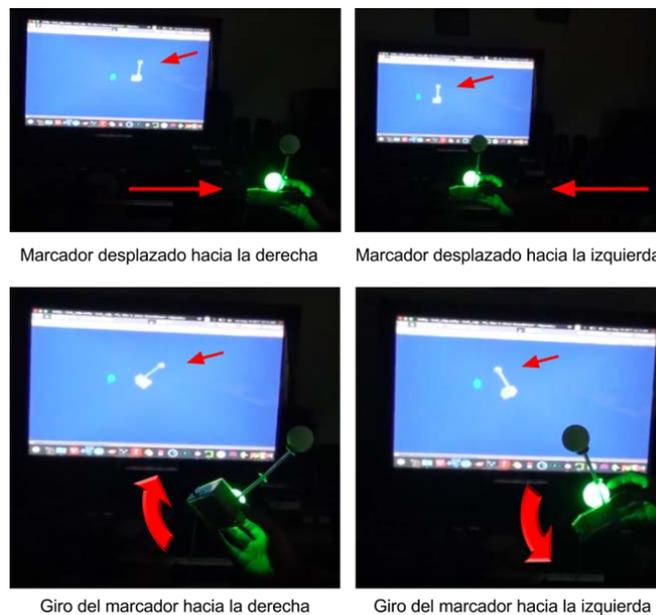


Figura 5. Respuesta del entorno virtual ante los movimientos del Mimo.

- **Cliente:** Aplicación en Unity3D que recibe los datos de posición y rotación de cada Mimo y los traslada a sus respectivos objetos virtuales. En esta aplicación se despliega el entorno 3D en el que se encuentran los enemigos y demás elementos 3D que participan de la experiencia virtual.

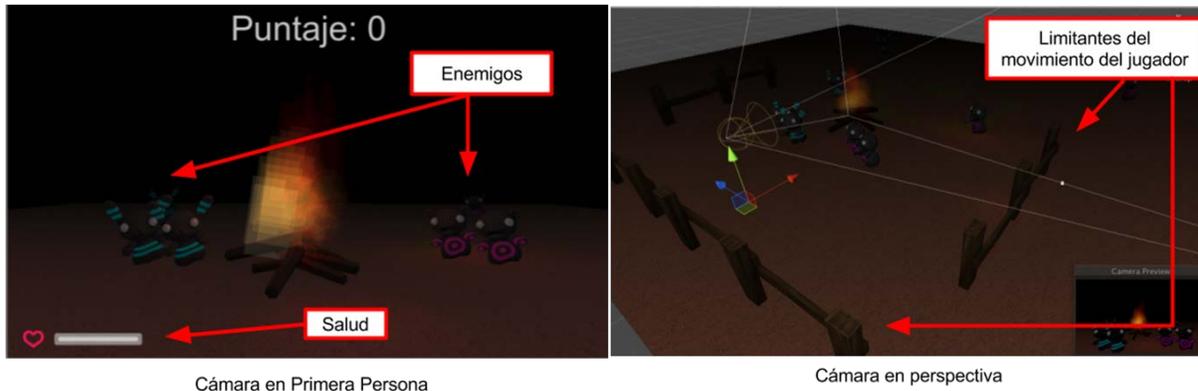


Figura 6. Entorno virtual.

En la figura 6 se muestran dos screenshots, el primero corresponde a la perspectiva en primera persona que se visualiza a través de la tablet y con la que el usuario, girando y desplazando el joystick, podrá visualizar el entorno 3D y apuntar a los enemigos para eliminarlos accionando el gatillo y disparándoles; El segundo es un screenshot donde se muestra el entorno desde la vista de editor de Unity3D, donde se muestran los limitantes del movimiento del jugador, que son objetos que en el entorno virtual le muestran al usuario el perímetro del área de cobertura de las cámaras, esto con el fin de que no se salga de dicha área y se afecte el proceso de seguimiento del Mimo.

Cabe resaltar que los datos se envían entre los distintos componentes mediante el protocolo UDP para que sean más rápidos a comparación de TCP.

5. Proyección a futuro del proyecto

Es de resaltar que este trabajo busca solucionar la problemática actual de la inmersión de los usuarios al utilizar la realidad virtual, por lo tanto, cuenta con un potencial de aplicación en campos como:

- **Arquitectura:** Una constructora puede ofrecerles a las personas, que se encuentran en una feria o evento especial, visitar de manera virtual el apartamento modelo de una de sus unidades residenciales. Las personas con ayuda del sistema podrían desplazarse en el apartamento virtual mientras lo hacen también en el stand que la constructora tiene en el evento o feria.
- **Montaje de experiencias en museos u otros lugares:** Ofrecer a los visitantes del museo viajes virtuales a sitios como por ejemplo la tumba de Tutankamón, con tan sólo disponer de una sala que se adecue a las medidas del sitio que se quiere

recrear virtualmente.

- **Entretenimiento:** Experiencias virtuales similares a las ofrecidas por los videojuegos 3D tales como los First Person Shooter, en las que los usuarios podrán disparar a sus objetivos con controles que tienen un diseño similar al de un arma y no con un teclado o ratón.

6. Trabajos futuros

Uno de los trabajos más cercanos que se deben hacer en el futuro es el del empaquetamiento de los distintos componentes hardware del sistema, quedando en PCB los circuitos de las cámaras WiFi y del MIMO, además de que cada uno de ellos tenga una carcasa por impresión 3D o inyección en plástico que los proteja del exterior.

Otra tarea futura es la de la optimización y organización de algunos de los procesos llevados a cabo en el sistema como la aplicación de los filtros Kalman, debido a que hasta el momento dichos filtros no se ejecutan en el servidor, sino que se realizan en la aplicación del cliente.

El tercer trabajo futuro es el de reemplazar los LED SMD RGB por LED infrarrojo, pues el sistema es vulnerable a fallos cuando hay cambios de intensidad en la luz ambiente de la habitación intervenida. Por lo que se recomienda que por el momento el sistema funcione en espacios oscuros o con poca luz.

El último trabajo futuro es el de reemplazar las cámaras Pixycam por otras que puedan funcionar a un mayor frame rate, con el fin de que se puedan agilizar los procesos de identificación y seguimiento de los Tracking LED. Claro está que se debe tener en cuenta que se deben buscar unas nuevas cámaras que sean de un costo accesible como las Pixycam.

7. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto fue un gran reto, pues fue necesario entender cómo funcionaban los sistemas de captura tradicionales para poder implementar uno basado en tecnologías de bajo costo y de software libre. Y es precisamente por cuestiones relacionadas con la tecnología, que resulta difícil la construcción de un sistema que cumpla de manera satisfactoria con dos relaciones importantes, la primera, calidad y costo, ya que algunos procesos como el de identificación de los MIMO se podrían agilizar siempre y cuando se implemente tecnología más costosa; Y la segunda relación, velocidad y confiabilidad, pues para asegurarse de que el sistema realice un buen tracking, se implementan algoritmos, tales como la función Rodrigues (OpenCV, 2017) o filtros Kalman, que ralentizan en ocasiones el sistema.

Pero a pesar de lo anterior, la cantidad de proyectos, herramientas y tecnologías Open Source existentes en el mercado tales como Arduino, PixyCam o NodeMCU, son las que facilitan el desarrollo de este tipo de proyectos pues cuentan con el apoyo de grandes comunidades on-line y sus precios de adquisición son más accesibles que otras tecnologías.

8. Referencias

- Cardona, J (2015). Apuntes de la clase Diseño Multimedia 1 dictada por el profesor Jesús David Cardona Quiroz.
- Sabino, C (1992). El Proceso de Investigación. Ed. Panapo: Caracas.
- OpenCV. (2017). Camera Calibration and 3D Reconstruction. Consultado el 17 de Junio de 2017 en [http://docs.opencv.org/2.4/modules/calib3d/doc/camera_calibration_and_3d_reconstruction.html#void_Rodrigues\(InputArray_src, OutputArray_dst, OutputArray_jacobian\)](http://docs.opencv.org/2.4/modules/calib3d/doc/camera_calibration_and_3d_reconstruction.html#void_Rodrigues(InputArray_src, OutputArray_dst, OutputArray_jacobian))

Sobre los autores

- **Juan David Orejuela Bolaños:** Estudiante de Ingeniería Multimedia de Universidad Autónoma de Occidente. juan.orejuela@uao.edu.co.
- **Jose Manuel Carvajal Ramírez:** Estudiante de Ingeniería Multimedia de Universidad Autónoma de Occidente. jose.carvajal@uao.edu.co.
- **Jhorck's Anthony Cortés Eslava:** Estudiante de Ingeniería Multimedia de Universidad Autónoma de Occidente. jhorcks.cortes@uao.edu.co.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)