

A usability study for a novel approach to virtual reality interaction

J. Negrillo, J.R. Jiménez and F.R. Feito

Universidad de Jaén, Graphics and Geomatics Group of Jaén

Abstract

The number of virtual reality-based systems have considerably increased in recent years due to many technical improvements and lower prices. Nowadays, the applications of this kind of systems go further than videogames. Additionally, they enable new interaction paradigms adapted to this new technology. In this paper we propose a new interaction model to visualize objects in a virtual reality context. We describe our proposed mechanisms to achieve a set of graphical tasks and we conduct an experiment to assess the usability of the system, comparing it to other traditional methods.

1. Introducción

En la actualidad, el número de aplicaciones basadas en realidad virtual ha aumentado considerablemente. Los avances en la tecnología han favorecido la proliferación de nuevos dispositivos con un coste más contenido, alcanzando así a un mayor número de usuarios. Actualmente los sistemas más utilizados en este ámbito son HTC Vive (HTC, 2016), Oculus Rift (Oculus VR, 2016) y PlayStation VR (Sony, 2016), destinados principalmente a videojuegos. Sin embargo, estos dispositivos se pueden utilizar en otros ámbitos, como puede ser el deporte, la medicina, etc. El uso de este tipo de tecnologías requiere del estudio de nuevos paradigmas de interacción acordes a la mayor inmersión del sistema con respecto a los sistemas tradicionales, sobre todo en aplicaciones específicas, como por ejemplo la visualización de imágenes médicas tridimensionales.

Tradicionalmente, la visualización médica en 3D se ha llevado a cabo mediante teclado y ratón. Existen ciertas mejoras técnicas que han permitido desarrollar una gama de dispositivos con un mayor número de grados de libertad como son por ejemplo los ratones tridimensionales. Además, los avances en la tecnología de realidad virtual proporcionan nuevos métodos de interacción en estos entornos inmersivos.

En este trabajo se propone un prototipo de un sistema para la visualización e interacción con objetos 3D de tamaño medio y pequeño en un entorno de realidad virtual.

La estructura del artículo es la siguiente: en la sección 2 se revisa el estado actual de la interacción en realidad virtual. La sección 3 detalla nuestra propuesta. A continuación, en la sección 4, se detallan las pruebas de usuario, junto con los resultados obtenidos. Por último, en la sección 5, se resaltan las conclusiones obtenidas así como el trabajo futuro.

2. Trabajos previos

La interacción de un usuario con un sistema se puede clasificar en dos grandes grupos, atendiendo a los dispositivos empleados: interacción con dispositivos externos, como pueden ser mandos o apuntadores y interacción de usuario natural.

Inicialmente, la interacción en entornos virtuales tridimensionales se realizaba usando dispositivos 2D como son el teclado y el ratón. Sin embargo, en la actualidad, con el auge de los nuevos sistemas inmersivos, han surgido nuevas interfaces con un mayor número de grados de libertad. Krichenbauer et al. [KYT*17] realizaron un estudio de usabilidad comparando entre estos dos tipos de interfaces, concluyendo que las tareas de modelado se realizan de forma más eficiente usando dispositivos de interacción 3D, ya sea en realidad virtual o aumentada.

Por otra parte, la interacción de usuario natural (NUI, por sus siglas en inglés, Natural User Interface) se puede definir como una interfaz con el sistema que permite al usuario interactuar de forma que no se necesiten dispositivos físicos, debiendo ser de forma que el usuario no necesite un entrenamiento previo a la hora de utilizarlo, como por ejemplo el uso de comandos de voz o gestos [ZZH*17]. La interacción sin el uso de dispositivos externos permite que el usuario interactúe con el sistema realizando gestos, mirando hacia un punto/objeto predefinido, dando una instrucción por voz, etc. Bostan et al. [BBC*17] concluyeron que los gestos de las manos de los usuarios juegan un papel clave en la interacción, ya que éstas se convierten en auto-interfaces, permitiendo que la interacción sea mucho más intuitiva, que mediante los paradigmas tradicionales. Sin embargo Gusai et al. [GBSC17] determinaron que el uso de dispositivos con 6 grados de libertad, como los de HTC Vive, resultan más intuitivos en tareas de posicionamiento de objetos en entornos inmersivos frente al uso de interfaces gestuales.

Más allá de la interacción directa, se espera que los sistemas

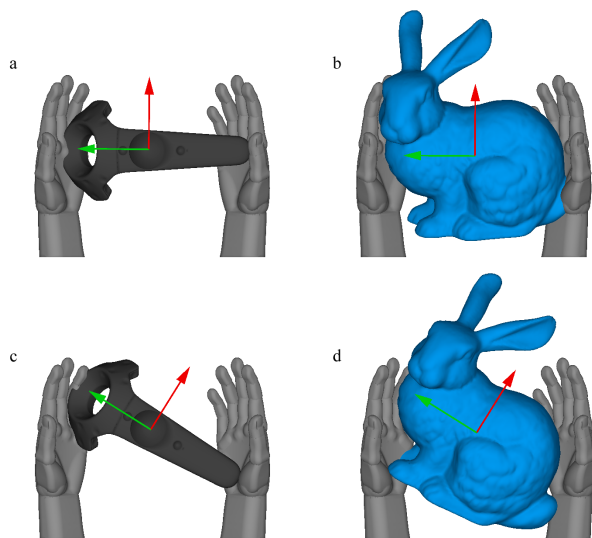


Figura 1: Representación esquemática de la equivalencia entre el mando real (a,c) y el objeto virtual (b,d)

proporcionen respuesta al usuario, y en el caso del modelado y visualización de objetos, esta respuesta viene dada a partir de las sensaciones producidas al agarrar el objeto. Para modelar sensaciones es necesario recurrir a dispositivos hápticos, principalmente a los que dan respuesta en los dedos del usuario. Estas herramientas se basan en el uso de guantes, exoesqueletos u otras variedades de dispositivos de manufactura casera (ver Pacchierotti et al. [PSS*17] para más detalles), sin embargo, el modelado de las sensaciones producidas por los objetos es un campo por explorar en la actualidad.

En este trabajo se propone un método mixto entre la interacción natural y el uso de dispositivos externos para interactuar en realidad virtual, evitando el uso de hápticos, proporcionando una vía para interactuar usando gestos naturales mediante objetos reales. Se realiza además una evaluación del sistema basada en objetivos, parecida al método de estudio realizado por Krichenbauer et al. [KYT*17].

3. Nuestra propuesta

A la hora de describir nuestra propuesta de interacción, es necesario identificar las tareas que debe resolver el usuario así como los mecanismos necesarios para llevarlas a cabo. Las tareas de interacción con elementos gráficos ha sido ampliamente documentada en la literatura [FWC84] y para cualquier situación se pueden clasificar de forma general en:

- **Selección.** El usuario realiza una selección en un conjunto de alternativas.
- **Posición y orientación.** El usuario indica una nueva posición de una entidad.
- **Ruta.** Se establecen un conjunto de puntos y orientaciones que definen una ruta.

- **Cantidad.** El usuario especifica un valor que representa un parámetro del sistema.
- **Texto.** El usuario crea anotaciones en el contexto gráfico.

Estas tareas tradicionalmente se llevan a cabo mediante mandos con botones, combinando movimientos, pulsaciones y/o gestos, estando ligados a la mano del usuario, acompañándola durante toda la ejecución. Nuestra propuesta propone desligar el mando de la mano y tratar el controlador como si de un objeto del mundo físico se tratase, todo realizado en el contexto de la visualización y modelado de objetos 3D.

En este artículo se estudiarán principalmente la posición y orientación de los modelos presentados, dejando el resto de tareas para el futuro. Concretamente, esta tarea equivale en la visualización a la traslación, rotación y escalado del objeto visualizado. Los dos primeros van asociados directamente a la posición y rotación actual del mando en el mundo virtual. Permite que el usuario pueda manipular el mando como si del objeto representado se tratase, proporcionando una interacción más natural que las clásicas. El usuario cogerá únicamente un mando equipado con giroscopio y acelerómetro con las dos manos, tal y como se representa de forma esquemática en la Figura 1.a,c. El usuario en el mundo virtual verá el objeto como si lo estuviera agarrando (Figura 1.b,d). Para ello, se le aplica la misma transformación (posición y rotación globales) al modelo visualizado que la que presenta el mando en el mundo real, manteniendo los mismos grados de libertad que poseería el objeto en la realidad. Además, el sistema integra la opción de escalar el objeto pulsando un botón del mando, para ver los detalles más pequeños, así como una animación de rotación sobre el eje Y, manteniendo siempre que sea posible una coherencia espacial con el mando.

El movimiento de la cámara también es un elemento relevante en la interacción, siendo clave en los sistemas de realidad virtual para conseguir una mayor inmersión del usuario. La mayoría de las bibliotecas para el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual o aumentada integran esta característica en el movimiento de la cabeza del usuario. Este será el paradigma utilizado en este trabajo. Además, la colocación del suelo es de vital importancia, ya que en el caso de que los estímulos recibidos en el mundo real difieran de los percibidos en el mundo virtual, se producirían desorientación y mareos en los usuarios [Law14].

4. Pruebas de usuario

En este apartado se define la batería de pruebas realizada para evaluar la bondad de la interacción con el sistema. El sistema desarrollado para las pruebas está basado en el dispositivo de realidad virtual HTC Vive, usando el motor gráfico Unity, que proporciona una vía rápida para el prototipado de este tipo de sistemas.

Las tareas que se probarán con el conjunto de usuarios serán la visualización, el agarre y el posicionamiento del objeto presentado. Para ello, se han definido tres posibles situaciones a realizar en orden:

1. Interacción clásica en realidad virtual. El usuario observa el

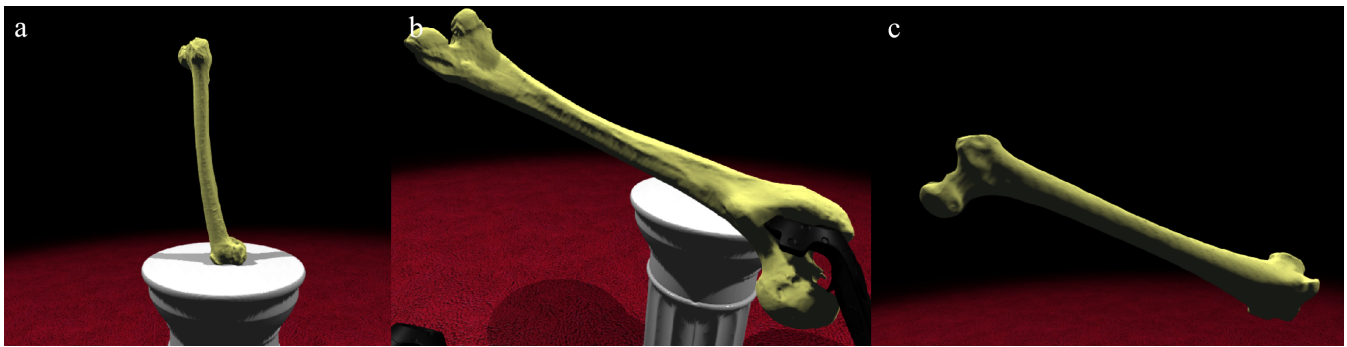


Figura 2: Objeto representado en el mundo virtual usando las tres formas de interacción estudiadas: (a) Representación clásica tipo museo. (b) Representación usando la interacción básica de HTC Vive. (c) Representación con nuestra propuesta de interacción

objeto centrado en el mundo y con su movimiento alrededor de la pieza, la puede observar (los mandos no intervienen en la operación). Ver Figura 2.a.

2. Interacción habitual de HTC Vive. El usuario agarra la pieza con el mando (pulsando el gatillo habilitado para ello), actuando como si el mando se tratara de un gancho (ver Figura 2.b).
3. Interacción propuesta en este artículo (ver Figura 2.c).

Estos tres casos de uso se realizarán primero utilizando un modelo de un hueso humano (un fémur) y después con un jarrón. Se han seleccionado estos modelos debido a sus grandes diferencias en apariencia, y para estudiar las posibles aplicaciones finales del sistema.

Para realizar las pruebas se han seleccionado 7 usuarios con edades comprendidas entre 21 y 26 años (24 de media) familiarizados con el uso de herramientas de realidad virtual. Los usuarios se sumergen en los tres escenarios para que interactúen con el modelo mostrado, teniendo que transformar el objeto hasta la posición que se les indique, midiéndose el tiempo empleado en hacerlo. Inmediatamente después, se ha realizado una encuesta de satisfacción, que pasará a detallarse a continuación.

4.1. Encuesta de satisfacción

La encuesta de usabilidad consta de once preguntas divididas en dos secciones:

- Tres preguntas relacionadas con la usabilidad en cada sistema (nueve preguntas en total). Son preguntas con respuesta numérica en escala 1-5 [Mil56]
- Dos preguntas adicionales para todos los sistemas en general.

Las preguntas realizadas en la primera sección se detallan a continuación (para cada paradigma de interacción):

1. Valore el nivel de mareo durante la prueba.
2. La interacción con el modelo 3D es sencilla y cómoda.
3. ¿Ha podido observar en detalle el objeto mostrado?

Por otra parte, la segunda sección consta de dos preguntas:

1. En su opinión, seleccione el sistema que considera de mayor utilidad a la hora de visualizar el hueso.
2. En su opinión, seleccione el sistema que considera de mayor utilidad a la hora de visualizar el jarrón.

4.2. Resultados

Las pruebas de usuario ha revelado unos resultados muy satisfactorios. Los usuarios han colocado el objeto en la posición indicada de media un 30% más rápidamente que usando la interfaz clásica de HTC Vive, lo que denota que el movimiento es más cómodo y rápido (Figura 3.a). Nótese que no se realiza comparación con la interfaz tipo museo ya que ésta no permite mover el objeto.

En base a las encuestas se ha obtenido que, en general, los usuarios valoran más positivamente nuestra propuesta de interacción. La gran mayoría de usuarios (el 86%) valoran la interfaz propuesta en este trabajo como la más idónea a la hora de visualizar el hueso en detalle, frente al 57% para el jarrón (ver Figura 3.c). Cabe destacar que el 43% de los usuarios valoran que la interacción usando los gatillos del mando es la más adecuada cuando se interactúa con el jarrón. Este hecho se debe a la forma redondeada del modelo, que permite su agarre de forma más simple. Esto es un indicador de que la forma del objeto influye considerablemente a la hora de interactuar con él.

Además, se ha detectado que los usuarios en el sistema basado en HTC Vive clásico tienen una tendencia a interactuar con los objetos como si de un juego se tratase (lanzando los objetos fuera de la sala, haciendo malabares, etc.), dejando constancia de que este tipo de interacciones están más pensadas para videojuegos en lugar de otros tipos de escenarios.

Por otra parte, la valoración media en cuanto a la posibilidad de observar el detalle del objeto se sitúa en 3.2 sobre 5 en la interfaz propuesta, siendo la mayor de las tres (Figura 3.b). En cuanto a facilidad de uso, la interacción tipo museo se establece como la más intuitiva, debido a que es la que más se asemeja al mundo real y no requiere ningún tipo de dispositivo. Sin embargo, este escenario no permite mover el modelo y requiere que el usuario se acerque físicamente al objeto.

Por último, en cualquier sistema de realidad virtual es necesario medir el mareo producido al usuario, obteniendo unos resultados excelentes, en los que todos los usuarios calificaron el nivel de mareo al mínimo.

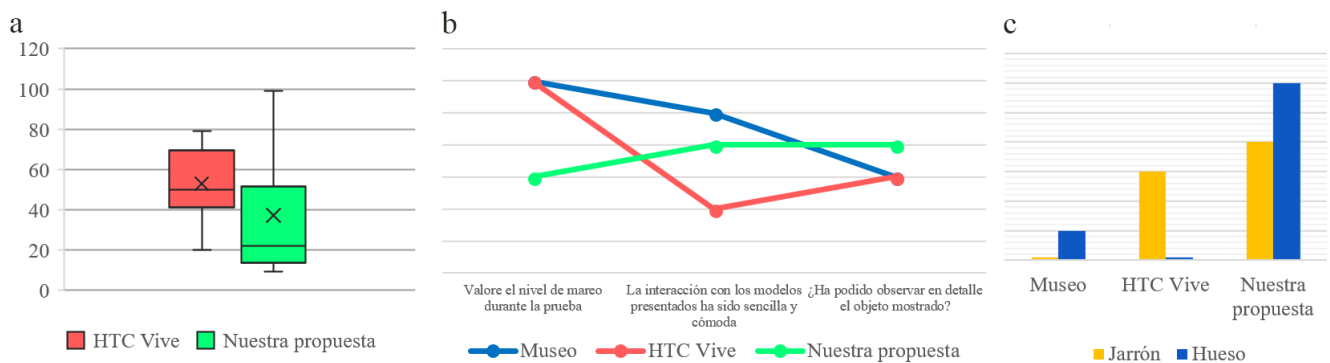


Figura 3: Resultados de las pruebas de usuario: (a) Tiempo empleado en completar la tarea propuesta, (b) Valoración de las respuestas de la encuesta en los tres escenarios, (c) Preferencias a la hora de decidir un paradigma de interacción para los modelos usados.

5. Conclusiones y trabajo futuro

La interacción de usuario que se propone en este trabajo permite una interacción con objetos 3D de tamaño medio y pequeño, evitando gestos complejos a la hora de visualizar los detalles de los mismos. Añadiendo un componente para escalar el modelo, se permite visualizar los pequeños elementos de interés de forma sencilla. Comparándolo con caminar alrededor del objeto, nuestra propuesta provoca una menor sensación de cansancio en el usuario, así como la necesidad de un espacio más reducido, ya que se evita el caminar por la sala.

Por otra parte, si lo comparamos con la interacción en realidad virtual proporcionada por HTC Vive (coger los objetos como si el mando fuera un gancho), la interacción es más natural, ya que al usar las dos manos se obtienen más grados de libertad, pudiéndose ver todos los detalles del objeto visualizado de forma más cómoda.

Las aplicaciones de este sistema pueden ir desde la visualización médica, tanto de huesos como de otros órganos, con el objeto de detectar de forma interactiva posibles patologías. Implementando el resto de tareas genéricas explicadas en la sección 3, se añaden nuevas funcionalidades, como por ejemplo descartar órganos no relevantes en una imagen médica concreta. Este paradigma se puede aplicar además a otros ámbitos en los que se requiera visualizar elementos de tamaño pequeño o medio, como la visualización de piezas arqueológicas en museos virtuales, mecánica, entre otras.

Actualmente, se están desarrollando una serie de adaptadores con distintas formas en los que se inserte el mando y se vaya cambiando dependiendo de la tipología de los modelos que se vayan a visualizar (por ejemplo, un adaptador con forma alargada para visualizar huesos largos). Como trabajo futuro se realizará un estudio más detallado usando un mayor número de voluntarios y nuevos escenarios, con diferentes sistemas de pruebas.

Agradecimientos

Los miembros del equipo de trabajo pertenecen al Grupo de Gráficos y Geomática de Jaén (GGGJ) de la Universidad de Jaén (TIC-144 del Plan Andaluz de Investigación). Este trabajo ha sido

parcialmente financiado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte mediante una ayuda predoctoral al primer autor (ref. FPU16/01439).

Referencias

- [BBC*17] BOSTAN I., BURUK O. T., CANAT M., TEZCAN M. O., YURDAKUL C., GÖKSUN T., ÖZCAN O.: Hands as a controller: User preferences for hand specific on-skin gestures. In *Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems* (New York, NY, USA, 2017), DIS '17, ACM, pp. 1123–1134. URL: <http://0-doi.acm.org.avalos.ujaen.es/10.1145/3064663.3064766>, doi:10.1145/3064663.3064766. 1
- [FWC84] FOLEY J. D., WALLACE V. L., CHAN P.: The human factors of computer graphics interaction techniques. *IEEE Computer Graphics and Applications* 4, 11 (Nov 1984), 13–48. doi:10.1109/MCG.1984.6429355. 2
- [GBSC17] GUSAI E., BASSANO C., SOLARI F., CHESSA M.: Interaction in an immersive collaborative virtual reality environment: A comparison between leap motion and htc controllers. In *New Trends in Image Analysis and Processing – ICIAP 2017* (Cham, 2017), Battiato S., Farinella G. M., Leo M., Gallo G., (Eds.), Springer International Publishing, pp. 290–300. 1
- [KYT*17] KRICHENBAUER M., YAMAMOTO G., TAKETOMI T., SANDOR C., KATO H.: Augmented Reality vs Virtual Reality for 3D Object Manipulation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 24, 2 (2017), 1038–1048. doi:10.1109/TVCG.2017.2658570. 1, 2
- [Law14] LAWSON B.: *Motion Sickness Symptomatology and Origins*. Human Factors and Ergonomics. CRC Press, 2014, ch. Motion Sic, pp. 531–600. doi:10.1201/b17360-29. 2
- [Mil56] MILLER G. A.: The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 63, 2 (1956), 81–97. doi:10.1037/h0043158. 3
- [PSS*17] PACCHIEROTTI C., SINCLAIR S., SOLAZZI M., FRISOLI A., HAYWARD V., PRATTICIZZO D.: Wearable haptic systems for the fingertip and the hand: Taxonomy, review, and perspectives. *IEEE Transactions on Haptics* 10, 4 (Oct 2017), 580–600. doi:10.1109/TOH.2017.2689006. 2
- [ZZH*17] ZIELKE M. A., ZAKHIDOV D., HARDEE G., EVANS L., LENOX S., ORR N., FINO D., MATHIALAGAN G.: Developing Virtual Patients with VR/AR for a natural user interface in medical teaching. In *2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)* (2017), pp. 1–8. doi:10.1109/SeGAH.2017.7939285. 1