

Stereoscopic visualization systems: Comparison between a Large Passive Display and a Head Mounted Display

D. Rodríguez-Andrés¹; S. Cárdenas¹; M.C. Juan¹; E. Pérez-Hernández²; M. Méndez-López³ and J. Lluch¹

¹Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial, Universitat Politècnica de València, Spain

²Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación, Universidad Autónoma de Madrid, Spain

³Departamento de Psicología y Sociología, Universidad de Zaragoza, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Spain

Abstract

In this paper, we present an application that uses two visualization systems. The first one has a large passive display. In the second system, we use a virtual reality head mounted display (Oculus Rift). We report the results of a study to determine the feeling of immersion in an application for testing spatial memory. 168 adults participated in the study. They are 25.28 ± 4.07 years old. After testing each system, they answered a questionnaire about their feeling of immersion in the 3D environment. We found statistically significant differences between the visualization systems. The participants gave higher scores when using Oculus Rift than using passive 3D. Then, we can conclude that the participants have perceived better the 3D with the Oculus Rift.

Categories and Subject Descriptors (according to ACM CCS): I.3.4 [Computer Graphics]: Graphics Utilities—Virtual device interfaces

1. Introducción

La realidad virtual es una tecnología que permite crear un entorno virtual donde los usuarios se sientan completamente inmersos. Un recurso para lograr dicha inmersión es la estereoscopia [Kur07]. La calidad de la inmersión en la realidad virtual ha mejorado gracias al avance de las tecnologías de visualización [MWDG13] y se ha incorporado en nuevos campos de aplicación tales como la psicología [RBB*01] o la educación [MSJTV14].

Uno de los campos en los que se ha consolidado la realidad virtual son los museos. Carozzino et al. [CB10] llevaron a cabo un estudio acerca de las experiencias con realidad virtual en museos reales. En su estudio se sugiere la forma de aprovechar el potencial de esta atractiva tecnología en museos como los de ciencia de London Science Museum (www.sciencemuseum.org.uk) o el San Francisco Exploratorium (www.exploratorium.edu). En sus aplicaciones destacan el uso de cascos de realidad virtual y pantallas con estereoscopia pasiva.

La realidad virtual también se utiliza cada vez más en sectores específicos en los que puede proporcionar una ventaja añadida. Por ejemplo, en el campo industrial también se están utilizando cascos de realidad virtual con receptores sen-

soriales para evaluar prototipos virtuales de lugares de trabajo que tengan un alto nivel de ergonomía [GGZH13].

En relación a la utilización de realidad virtual en procesos médicos, Hoffman et al. [HSR*06] demuestran la importancia de utilizar un casco de realidad virtual de alta resolución frente a uno de resolución menor. El uso de dicho casco mantiene al paciente potencialmente inmerso en el entorno virtual, reduciendo significativamente la intensidad del dolor.

En el área de la psicología existen algunas aplicaciones que utilizan realidad virtual. Por ejemplo, se presentó un sistema para estudiar y mejorar los problemas atencionales de niños con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad, utilizando cascos de realidad virtual [RBB*01]. En los trabajos de Juan et al. [JAM*05] [JBnB*06] se presentaron sistemas para el tratamiento de trastornos psicológicos, como la acrofobia (fobias a las alturas). En sus trabajos, los entornos acrofóbicos se visualizaron mediante distintas técnicas de RA (Realidad Aumentada) y RV (Realidad Virtual). Se compararon los sistemas de RA y RV, se demostró que los niveles de presencia y ansiedad fueron muy similares en ambos; además en una comparación entre el mismo entorno visualizado en un HMD(Head-Mounted Display) y en un CAVE (Computer Assisted Virtual Environment), se

demonstró que el entorno visualizado en el CAVE indujo mayores sensaciones en los usuarios.

Los avances en cuanto a técnicas de realidad virtual y la investigación clásica de la memoria espacial con roedores han permitido el desarrollo de laberintos basados en realidad virtual para seres humanos [CCI*11].

En este contexto, nuestro objetivo es desarrollar una aplicación de realidad virtual con visión estereoscópica, que permita al participante sentirse inmerso en el entorno virtual y evaluar su memoria espacial. Por ello, la contribución específica de este estudio será la de determinar qué tipo de visualización ofrece una mejor sensación de inmersión al usuario.

2. Desarrollo

Se ha desarrollado una aplicación de realidad virtual con dos sistemas de visualización estéreo diferentes. Ambas aplicaciones tienen en común el diseño del entorno, con un recorrido similar al Laberinto de Agua de Cincinnati [AMA14], y el tipo de interacción. El sistema de visualización estéreo pasivo utiliza una pantalla de proyección trasera (PW) y el otro sistema usa un casco de realidad virtual, Oculus Rift (OR).

2.1. Descripción de la aplicación

Los modelos 3D que forman el entorno virtual fueron modelados en Blender y 3DsMax. El entorno virtual es un laberinto formado por setos de dos metros de alto y caminos de dos metros de ancho. Dentro del laberinto se encuentra el avatar del usuario que será el que se moverá a través del mismo. La aplicación está diseñada en primera persona lo que significa que el usuario verá lo mismo que ve el avatar que se encuentra dentro del laberinto. En cada intersección hay una flecha en el suelo, el color de esta flecha y las direcciones en que apunta dependen de la etapa del juego en la que se encuentre el usuario.

Con Unity se han creado escenas por cada una de las etapas que a continuación se describen:

- **Habitación:** En esta etapa el usuario realiza un pequeño recorrido dentro del laberinto.
- **Retención:** El usuario recorre una ruta guiado por unas flechas verdes, y debe recordarla.
- **Prueba:** En esta última etapa, el usuario debe recorrer el camino que ha seguido en la retención. En este caso, se muestran unas flechas amarillas con las opciones en cada intersección.

Para que el usuario pueda desplazarse por el entorno se ha diseñado un sistema de interacción. El usuario controla el avatar con un gamepad, debe mover la palanca izquierda hacia la dirección en la que quiera desplazarse. El objetivo del usuario dentro del juego es recordar una ruta para llegar a la salida.

2.2. Tipos de visualización

Para esta aplicación se han creado dos tipos de visualización basados en estereoscopia. Los sistemas proyectarán una imagen para cada ojo, de forma que darán al usuario sensación de profundidad. Los dos tipos de visualización son los siguientes:

- **Sala de proyección (PW):** Este tipo de visualización se realiza en una sala especial (Sala del PW). Esta sala consta de una lámina translúcida en la que proyectan dos proyectores desde atrás y consiguen la proyección 3D. Para visualizar correctamente la pantalla, el usuario debe ponerse unas gafas polarizadas (Figura 1).



Figura 1: Usuario utilizando la aplicación en el PW



Figura 2: Usuario utilizando la aplicación con el OR

- **Casco de realidad virtual, Oculus Rift (OR):** En este caso, el usuario debe colocarse un casco de realidad virtual. Este dispositivo incorpora sensores de giro para detectar el movimiento de la cabeza del usuario (Figura 2).

2.3. Software y Hardware

Para el desarrollo de la aplicación hemos usado: Unity (versión 4.6.0f3) como motor gráfico, usando C# y JavaScript como lenguajes de programación. Para integrar el Oculus Rift en la aplicación hemos utilizado el Oculus SDK 0.4.2 y el Oculus Unity Integration Package.

Para la visualización del 3D pasivo se ha utilizado la sala del PW. Esta sala consta de una pantalla de 185 pulgadas y dos proyectores traseros. El casco de realidad virtual usado ha sido el Oculus Rift DK2. En los dos sistemas de visualización se ha utilizado para la interacción un “B-Move Gamepad BG Revenge”.

3. Estudio

Para comprobar la sensación de inmersión que proporcionaban los dos sistemas realizamos el estudio descrito a continuación.

3.1. Participantes

Un total de 169 usuarios participaron en el estudio, 79 (46.7%) mujeres y 90 (53.3%) hombres. 80 utilizaron el PW y 89 el OR. La edad media de los usuarios fue de 25.28 ± 4.07 años. Todos los participantes fueron informados sobre el alcance y el diseño del estudio y dieron su consentimiento por escrito para su participación.

3.2. Procedimiento del estudio

En la tarea realizada con el Oculus Rift, a cada participante se le colocó el casco de realidad virtual y se le pidió que sujetase con sus manos el gamepad para interactuar. Para la tarea del PW, el usuario debía colocarse frente a la pantalla y coger el gamepad con sus manos para comenzar la prueba. Una vez preparado, se le indicó que prestara atención a la tarea y a la escena en cada etapa del experimento.

Tabla 1: Cuestionario sobre las experiencias previas con el 3D [P1-P3], y la experiencia con el sistema [V1-V5]

Pre.	Descripción
P1	Realizo actividades en 3D
P2	Juego en juegos en 3D
P3	Veó películas en 3D
V1	En algunos momentos me ha parecido que los objetos tenían profundidad
V2	El 3D mejora la experiencia general del juego
V3	Me he sentido “dentro” del entorno 3D
V4	Me he sentido “sumergido” en la experiencia del entorno virtual
V5	Mi experiencia en este juego en comparación con otras experiencias 3D previas es...

Los usuarios debían completar las tres etapas: habituación, retención y prueba. Las ejecuciones de las tareas en cada etapa se realizaron sin pausas. Después de finalizar la tarea contestaron un cuestionario sobre la percepción del sistema y las experiencias previas con el 3D. Para el cuestionario se ha utilizado una escala Likert [1(Totalmente desacuerdo)-5(Totalmente en desacuerdo)]. Las preguntas de dicho cuestionario se pueden observar en la Tabla 1.

4. Resultados

Para comprobar la percepción que los usuarios tuvieron del entorno 3D, se han analizado las respuestas del cuestionario rellenado por los participantes del estudio. Al tratarse de datos no pareados y como ninguna de las variables cumplen las condiciones de normalidad, se han realizado pruebas no paramétricas (Mann-Whitney U test) para comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas acerca de la percepción del 3D entre los dos sistemas. Para las pruebas estadísticas hemos usado un valor de $p < 0.05$. Los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 2.

En cuanto a la experiencia previa de los usuarios con aplicaciones 3D, en las preguntas P1, P2 y P3, los resultados del análisis muestran que no existen diferencias estadísticas significativas entre el grupo que realizó la tarea con PW y con OR. Estos datos indican que los participantes de ambos grupos tenían experiencia previa similar en cuanto a juegos y actividades en 3D (ver Tabla 2).

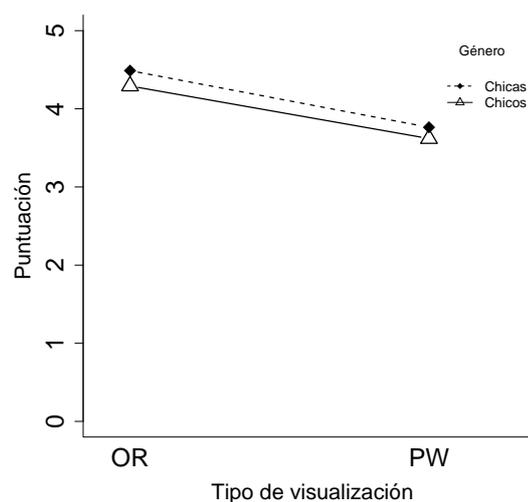


Figura 3: Comparación de género en la pregunta V4

Como se observa en la Tabla 2, hay diferencias estadísticamente significativas en las preguntas V1, V2, V3, V4 y V5. Todas ellas están relacionadas con la experiencia que ha tenido el usuario con la prueba. En todos estos casos se muestra que la visualización del entorno mediante el casco de realidad virtual ha permitido a los usuarios que se sientan más inmersos en dicho entorno. También comprobamos si el género influía en la sensación de percepción. No existieron diferencias estadísticamente significativas entre chicos y chicas. La Figura 3 muestra gráficamente una tendencia similar entre chicos y chicas.

Tabla 2: Mann-Whitney *U* test, donde *Z* indica aproximación por la normal y *r* es el tamaño del efecto, y “**” indica diferencias estadísticamente significativas

Pre.	Media OR	Media PW	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>p</i> -value	<i>r</i>
P1	1.38 ± 0.76	1.39 ± 0.77	344.02	-0.30	0.761	0.023
P2	1.46 ± 0.94	1.39 ± 0.91	3637.0	0.52	0.606	0.040
P3	1.55 ± 0.52	1.42 ± 0.52	3979.5	1.70	0.095	0.131
V1	4.04 ± 0.91	2.46 ± 1.22	5868	7.69	< 0.001**	0.593
V2	4.37 ± 0.88	3.97 ± 1.04	4314.0	2.93	0.003**	0.227
V3	4.54 ± 0.70	3.77 ± 0.95	5198.5	5.76	< 0.001**	0.444
V4	4.38 ± 0.71	3.69 ± 0.98	5051.0	5.05	< 0.001**	0.389
V5	3.97 ± 0.84	3.56 ± 0.83	4529.0	3.26	< 0.001**	0.250

5. Conclusiones

Hemos desarrollado una aplicación de realidad virtual con visión estereoscópica con dos tipos de visualización diferentes. En términos generales, la sensación de inmersión que ofrecen los dos sistemas de visualización es buena, ya que las preguntas relacionadas se sitúan en torno a 4 sobre 5. En el análisis se ha comprobado que no existen diferencias estadísticamente significativas, en cuanto a experiencias en 3D que los usuarios hayan tenido previamente. Al no encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, partimos de dos grupos con una experiencia previa similar sobre el 3D. Según los resultados, se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre los dos dispositivos de visualización en cuanto a la inmersión que ofrecen, a favor del casco de realidad virtual Oculus Rift. Como trabajo futuro se pretende utilizar estos sistemas para evaluar la memoria espacial y conocer las diferencias y ventajas que pueden ofrecer este tipo de sistemas con respecto a los métodos tradicionales.

Referencias

- [AMA14] ARIAS N., MÉNDEZ M., ARIAS J. L.: Brain networks underlying navigation in the cincinnati water maze with external and internal cues. *Neuroscience letters* 576 (2014), 68–72. doi:10.1016/j.neulet.2014.05.064. 2
- [CB10] CARROZZINO M., BERGAMASCO M.: Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage* 11, 4 (2010), 452–458. doi:10.1016/j.culher.2010.04.001. 1
- [CCI*11] CIMADEVILLA J. M., CÁNOVAS R., IRIBARNE L., SORIA A., LÓPEZ L.: A virtual-based task to assess place avoidance in humans. *Journal of neuroscience methods* 196, 1 (Mar. 2011), 45–50. doi:10.1016/j.jneumeth.2010.12.026. 2
- [GGZH13] GRAJEWSKI D., GÓRSKI F., ZAWADZKI P., HAMROL A.: Application of virtual reality techniques in design of ergonomic manufacturing workplaces. *Procedia Computer Science* 25 (2013), 289 – 301. 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education. doi:10.1016/j.procs.2013.11.035. 1
- [HSR*06] HOFFMAN H. G., SEIBEL E. J., RICHARDS T. L., FURNESS T. A., PATTERSON D. R., SHARAR S. R.: Virtual

reality helmet display quality influences the magnitude of virtual reality analgesia. *The Journal of Pain* 7, 11 (2006), 843–850. doi:10.1016/j.jpain.2006.04.006. 1

- [JAM*05] JUAN M., ALCANIZ M., MONSERRAT C., BOTELLA C., BAÑOS R., GUERRERO B.: Using Augmented Reality to Treat Phobias. *IEEE Computer Graphics and Applications* 25, 6 (Nov. 2005), 31–37. doi:10.1109/MCG.2005.143. 1
- [JBnB*06] JUAN M. C., BAÑOS R., BOTELLA C., PÉREZ D., ALCANIZ M., MONSERRAT C.: An Augmented Reality System for the Treatment of Acrophobia: The Sense of Presence Using Immersive Photography. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 15, 4 (Aug. 2006), 393–402. doi:10.1162/pres.15.4.393. 1
- [Kur07] KURT W.: An interview with jaron lanier. *Serials Review* 33, 3 (2007), 190–195. doi:10.1080/00987913.2007.10765121. 1
- [MSJTV14] MARTÍN-SANJOSÉ J.-F., JUAN M.-C., TORRES E., VICENT M. J.: Playful interaction for learning collaboratively and individually. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 6, 3 (2014), 295–311. doi:10.3233/AIS-140257. 1
- [MWDG13] MASIA B., WETZSTEIN G., DIDYK P., GUTIERREZ D.: A Survey on Computational Displays: Pushing the Boundaries of Optics, Computation, and Perception. *Computers & Graphics (Special Issue on Advanced Displays)* 37, 8 (2013), 1012 – 1038. doi:10.1016/j.cag.2013.10.003. 1
- [RBB*01] RIZZO A. A., BUCKWALTER J. G., BOWERLY T., HUMPHREY L., NEUMANN U., ROOYEN A. V., ET AL.: The virtual classroom: a virtual reality environment for the assessment and rehabilitation of attention deficits. *Revista Española de Neuropsicología* 3, 3 (2001), 11–37. doi:10.1089/10949310050078940. 1

Agradecimientos

Este trabajo ha sido principalmente financiado por el MINECO a través del proyecto CHILDMNEMOS (TIN2012-37381-C02-01) y cofinanciado con fondos FEDER. También ha sido financiado por el Gobierno de la República del Ecuador. Deseamos expresar nuestro agradecimiento a los revisores del artículo; a los participantes del estudio; al ASIC y al DSIC; y a Juan Fernando Martín.