

Métricas de Inmersión para Sistemas de Realidad Virtual mediante Modelos de Regresión

Matías N. Selzer, Martín L. Larrea y Silvia M. Castro

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación,
Universidad Nacional del Sur (DCIC-UNS)
Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (UNS-CONICET)
Laboratorio de I+D en Visualización y Computación Gráfica, (UNS-CIC Prov. de Buenos Aires)
{matias.selzer, mll, smc}@cs.uns.edu.ar

Resumen

La Realidad Virtual es una tecnología que intenta sumergir a los usuarios en un mundo virtual generado por computadora. Los avances tecnológicos ayudan a generar sistemas cada vez más inmersivos, pero aún no está claro qué factores afectan la inmersión del sistema. Esta línea de investigación tiene como objetivo relevar dichos factores y analizar su impacto y relación con distintas técnicas computacionales y estadísticas. Se busca desarrollar métricas que predigan el nivel de inmersión percibido en cualquier sistema de Realidad Virtual dado. Hasta el momento, realizamos diversos experimentos con usuarios para poder obtener un conjunto de datos que se pueda analizar de manera estadística y a partir de los cuales se puedan generar métricas de inmersión mediante modelos de regresión. Estas métricas y la importancia de cada factor brindará una guía para poder seleccionar el sistema y técnicas de Realidad Virtual que mejor se adapten a cada tipo de sistema y aplicación.

Palabras clave: *Realidad Virtual, Interacción Humano Computadora en Realidad Virtual, Inmersión*

Contexto

Este trabajo se lleva a cabo en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Visualización y Computación Gráfica (VyGLab) del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, de la Universidad Nacional del Sur. Los trabajos realizados bajo esta línea involucran a docentes investigadores, becarios doctorales y alumnos de grado.

1. Introducción

La Realidad Virtual (RV) es una tecnología inmersiva que se ha vuelto muy popular en los últimos años. Mediante el uso de esta tecnología, y más específicamente mediante el uso de dispositivos de hardware como visores especiales, los usuarios pueden adentrarse, explorar e interactuar en mundos 3D generados por computadora. Aunque esta tecnología ha sido mayormente explorada en el área de videojuegos, también se ha utilizado en gran medida en áreas como la medicina [1, 2, 3], la arqueología [4, 5], el entrenamiento militar [6], o diferentes tipos de simulaciones [7].

Para decidir qué tan “bueno” es un sistema de RV, la literatura presenta distintas métricas, como *presencia*, *inmersión* y *realismo*. En RV, la presencia se define como “la sensación de estar ahí”, es decir, la sensación de que uno de verdad pertenece al mundo virtual que actualmente está experimentando [8]. La inmersión, por el otro lado, está más relacionada al hardware utilizado y se define como “qué tanto de nuestros sentidos está comprendido por el sistema de RV?” [9]. Por este motivo, la presencia es una medida subjetiva que depende de la percepción de cada usuario; mientras que la inmersión es una medida objetiva que depende del sistema de RV que se esté utilizando. Se suele pensar que en un sistema de RV es fundamental maximizar el nivel de realismo gráfico para obtener la mayor sensación de presencia. Sin embargo, está demostrado que esto no es necesario [10].

Además de las características de hardware, que mejoran constantemente, existen muchas otras características de los sistemas de RV que afectan la experiencia del usuario. Variables como la resolución de pantalla, el sistema de audio utilizado, la forma de caminar por el ambiente virtual, entre otras, son algunas de las variables que, de acuerdo a la literatura, influyen en decidir cuándo un sistema de RV es mejor que otro [11, 12, 13]. La decisión acerca de qué variables considerar en un sistema de RV y los valores que éstas deben tomar es un problema desafiante. Además, existe mucha discusión entre la verdadera influencia de dichos factores e incluso la relación entre ellos.

Por este motivo, es de vital importancia realizar un estudio exhaustivo de todos aquellos factores que pueden influir en la sensación de inmersión producida por cualquier sistema de RV. Dicho análisis revelará los factores más relevantes que deben tenerse en cuenta a la hora de crear un nuevo sistema o a la hora de seleccionar uno de los sistemas existentes. Este análisis proveerá guías para la generación de nuevos sistemas de RV, tanto en el área de hardware como de software.

2. Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Actualmente, en esta línea de investigación, se han realizado estudios respecto al análisis y relevamiento de todos aquellos factores que influyen en la sensación de inmersión en un sistema de RV. Dichas variables han sido categorizadas según el tipo de inmersión que proveen en *inmersión visual*, *inmersión auditiva* e *inmersión táctil*. Como hasta el momento no existe una forma de cuantificar la inmersión de un sistema de manera automática, se deben utilizar distintos test con usuarios, en los que éstos evalúan el grado de inmersión del sistema de RV dado.

Para esto se han desarrollado experimentos en

los que los usuarios deben realizar una tarea mientras experimentan un sistema de RV. Este sistema está caracterizado por todas las variables analizadas cuyos valores cambian cada prueba. De esta manera, se obtienen valores de inmersión asociados a los valores de las variables utilizadas. Cada vez que se realiza un test, se obtiene una evaluación de inmersión de un conjunto de variables y esto genera una muestra en un conjunto de datos que se va construyendo.

A partir de este conjunto de datos se realizan análisis estadísticos para evaluar la relación entre las variables y cómo inciden éstas en la inmersión. Además, dentro de esta línea de investigación, se pretende hallar una métrica que relacione aquellos factores que influyen en la inmersión. Esta métrica permite predecir entonces el nivel de inmersión que brindaría cualquier sistema de RV dado. Para esto se están investigando distintas estrategias y técnicas, pero mayormente se están utilizando análisis de regresión.

En síntesis, en esta línea de investigación se trabaja en:

- **Selección y Clasificación de Variables:** luego de haber realizado los correspondientes experimentos, se vio que algunas de las variables que se consideraban relevantes resultaron no serlo, en tanto que algunas que se consideraban no relevantes resultaron serlo. Dentro de esta línea se analiza y mejora la clasificación de variables que efectivamente resultan influyentes en la sensación de inmersión de un sistema de RV. El análisis de estas variables es muy importante ya que de esta manera se puede avanzar en la optimización de la o las métricas de inmersión.
- **Experimentos:** a medida que se realizan experimentos surgen nuevas ideas y estrategias para mejorar su diseño y poder recolectar así una mayor cantidad de datos. Esta línea analiza los experimentos realizados, así como otros experimentos de

la literatura para poder obtener mejores resultados. Además, se planifican nuevos experimentos para analizar distintas relaciones entre las variables.

- **Análisis Estadísticos:** a partir de los datos generados en los experimentos se pueden comparar los factores entre sí para determinar si existe alguna relación estadísticamente significativa entre los mismos. De esta forma se puede calcular la interacción entre ellos y la influencia que tienen en el valor final de inmersión.
- **Predictor de Inmersión:** dado un determinado sistema de RV, resulta importante predecir el grado de inmersión que éste produce. En esta línea se trabaja en análisis de regresión, reducción de variables y verificación de modelos para la generación de dicho predictor a partir de un determinado *dataset* ya construido. Se está profundizando en técnicas de Machine Learning para lograr obtener distintas métricas en función de los mismos datos.
- **Optimización de las Métricas:** resulta muy interesante poder hallar qué variables y qué valores de dichas variables maximizan la inmersión. Como la cantidad de factores que influyen en el nivel de inmersión de los sistemas de RV es muy grande (al menos 30), resulta difícil optimizar manualmente cada uno de ellos cuando se desea desarrollar un nuevo sistema. Por este motivo, es importante identificar aquellos factores que más influyen en el nivel de inmersión final. Al reducir considerablemente la cantidad de factores, el diseñador de un nuevo sistema puede enfocarse en la optimización de los mismos, mejorando así el grado de inmersión del sistema. Además, se están estudiando distintas estrategias de optimización de funciones para poder maximizar los modelos de inmersión obtenidos.

3. Resultados y Objetivos

Sobre los ejes presentados se han obtenido resultados concluyentes. Actualmente se ha realizado una clasificación de todas aquellas variables que influyen en la inmersión y se ha desarrollado un sistema de RV que genera aleatoriamente diferentes escenarios en función de cada uno de los factores identificados. Por ejemplo, un escenario tendrá determinada resolución de pantalla, nivel gráfico, tipo de audio, tipo de tracking, etc., en tanto que otro escenario generado tendrá factores completamente distintos. Este sistema permite a los usuarios experimentar un escenario generado durante un tiempo determinado para que finalmente dichos usuarios califiquen el escenario según el nivel de inmersión experimentado.

Se han realizado diversos experimentos utilizando este sistema. Éstos han permitido obtener un conjunto de datos que relaciona las variables del sistema de RV con la inmersión percibida por el usuario. A partir de este conjunto de datos se han realizado análisis estadísticos que nos han brindado información relevante sobre qué variables influyen en mayor o menor medida en la inmersión. Este análisis de variables nos ha servido para seleccionar aquellas variables a considerar en los modelos de regresión.

Finalmente se han realizado análisis de regresión para obtener modelos de inmersión en función de las variables del sistema. Estos modelos varían según la eficiencia de predicción, la cantidad de variables que utilizan y la cantidad de coeficientes.

Actualmente se están analizando estos modelos obtenidos, particularmente se están testeando en sistemas de RV comerciales y se están evaluando diversas técnicas para maximizar la inmersión.

4. Formación de Recursos Humanos

En lo concerniente a la formación de recursos humanos se detallan las tesis en desarrollo y

concluidas relaciones con las líneas de investigación presentadas:

Tesis Concluidas

“Interacción Humano Computadora en Ambientes Virtuales”, tesis de Magister en Ciencias de la Computación. Alumno: Matías Selzer. Director: Martín Larrea.

“La Realidad Virtual como Herramienta para el Desarrollo Arquitectónico”, tesis de grado de Ingeniería en Sistemas de Información. Alumnos: Facundo Reissing, Sebastián Vicente. Director: Martín L. Larrea. Colaborador: Matías N. Selzer.

“Métricas de Inmersión para sistemas de Realidad Virtual”, tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación. Alumno: Matías Selzer. Director: Silvia M. Castro. Co-Director: Martín L. Larrea.

5. Bibliografía

1. Freedman, S. A., Dayan, E., Kimelman, Y. B., Weissman, H., & Eitan, R. (2015). Early intervention for preventing posttraumatic stress disorder: an Internet-based virtual reality treatment. *European journal of psychotraumatology*, 6.
2. Rothbaum, B. O., Price, M., Jovanovic, T., Norrholm, S. D., Gerardi, M., Dunlop, B. & Ressler, K. J. (2014). A randomized, double-blind evaluation of D-cycloserine or alprazolam combined with virtual reality exposure therapy for posttraumatic stress disorder in Iraq and Afghanistan War veterans. *American Journal of Psychiatry*.
3. Gorini, A., & Riva, G. (2014). Virtual reality in anxiety disorders: the past and the future. *Expert Review of Neurotherapeutics*.
4. Lynch, J., & Corrado, G. (2014). Arqueología virtual aplicada al sitio Villavil, Catamarca, Argentina Virtual Archaeology applied to the site Villavil, Catamarca, Argentina.
5. Gagne, R., Gouranton, V., Dumont, G., Chauffaut, A., & Arnaldi, B. (2014). Immersia, an open immersive infrastructure: doing archaeology in virtual reality. *Archeologia e Calcolatori, supplemento 5*, 1-10.
6. Carroll, J. M. (Ed.). (2003). *HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science*. Morgan Kaufmann.
7. Schreuder, H. W., Persson, J. E., Wolswijk, R. G., Ihse, I., Schijven, M. P., & Verheijen, R. H. (2014). Validation of a novel virtual reality simulator for robotic surgery. *The Scientific World Journal*, 2014.
8. Bob G Witmer and Michael J Singer. Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7(3):225–240, 1998.
9. Mel Slater. Measuring presence: A response to the witmer and singer presence questionnaire. *Presence*, 8(5):560–565, 1999.
10. Rheingold, H. (1991). *Virtual reality: exploring the brave new technologies*. Simon & Schuster Adult Publishing Group.
11. Khanna, P., Yu, I., Mortensen, J., and Slater, M. (2006). Presence in response to dynamic visual realism: A preliminary report of an experiment study. In *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST '06*, pages 364–367, New York, NY, USA. ACM.
12. Jsselsteijn, W., Ridder, H. d., Freeman, J., Avons, S. E., and Bouwhuis, D. (2001). Effects of stereoscopic presentation, image motion, and screen size on subjective and objective corroborative measures of presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(3):298–311.

13. Skarbez, R., Brooks, Jr., F. P., and Whitton, M. C. (2017a). A survey of presence and related concepts. *ACM Comput. Surv.*, 50(6):96:1–96:39.