



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECCIÓN ADAPTATIVA
DE UN ESCENARIO 3D
BASADO EN LA PERSPECTIVA
DE UNA PERSONA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO EN INFORMÁTICA

PRESENTA:
YADIRA FLEITAS TORANZO

ASESOR DE TESIS:
DR. LUIS FELIPE MARÍN URÍAS

BOCA DEL RÍO, VERACRUZ, JUNIO DE 2017

Dedicado a...
blablabla

Agradecimientos

¡Muchas gracias a todos jijiji!

Resumen

Una bonita historia jejeje

Índice general

| | |
|---|-----------|
| Agradecimientos | II |
| Resumen | III |
| Lista de figuras | V |
| Lista de tablas | VI |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 3 |
| 1.2. Justificación | 4 |
| 1.3. Objetivos | 4 |
| 1.3.1. General | 4 |
| 1.3.2. Específicos | 4 |
| 1.4. Hipótesis | 5 |
| 2. Marco Teórico | 6 |
| 2.1. Antecedentes | 6 |
| 2.1.1. Realidad Aumentada | 6 |
| 2.2. Estado del arte | 8 |
| 2.2.1. Projection mapping | 9 |
| 2.2.2. Interacción en SAR | 9 |
| 3. Diseño | 12 |
| 3.1. Análisis de Requerimientos | 12 |
| 3.2. Diseño del Sistema | 12 |
| 4. Implementación y resultados | 13 |
| 5. Conclusiones | 14 |
| 5.1. Trabajo Futuro | 14 |
| Bibliografía | 15 |

Índice de figuras

| | |
|--|---|
| 2.1. Funcionamiento de los HMD's | 7 |
| 2.2. Ejemplos de AR en smartphones y tablets | 8 |

Índice de tablas

Capítulo 1

Introducción

Vivimos en una época en la cual la tecnología forma parte esencial de nuestras vidas. En donde el ser humano, es capaz de mejorar y optimizar su entorno con el objetivo de satisfacer cada una de sus necesidades. El alcance que ha tenido la tecnología digital, nos abre camino para el surgimiento de nuevas técnicas capaces de colaborar en el desarrollo de múltiples áreas o disciplinas, ayudando a la creación de distintas formas para facilitar su aprendizaje, optimización y avance de las mismas.

Así, la tecnología digital ha servido de apoyo incluso en situaciones en donde el ser humano requiere de entrenamiento para realizar ciertas actividades peligrosas, costosas o difíciles de ejecutar y que son proporcionadas a través de entornos virtuales, para mejorar sus habilidades y evitar a todo costo el riesgo de perder incluso vidas humanas. Una aplicación que ejemplifica claramente lo mencionado, lo tenemos en los simuladores de vuelo, que lo que se intenta hacer es replicar la experiencia de pilotar una aeronave de la manera más realista posible. No obstante, el desarrollo e implementación de simuladores de este tipo, implica la fabricación de cabinas en tamaño real con accionadores hidráulicos o electromecánicos, el cual conlleva un gran costo de los mismos.

Es por ello que con el objetivo de minimizar costos y de no requerir de tantos equipos para la inmersión a estos escenarios artificiales, existe una rama de la tecnología conocida como Realidad Virtual (VR, Virtual Reality), que sustituye nuestro mundo real a través de dispositivos que nos permitan encontrarnos en otro lugar, es decir, sumergirnos en una realidad que no existe. Tomando el ejemplo anterior, se han estado desarrollando simuladores a través de este tipo de tecnología, con el objetivo de ahorrar recursos y que se puedan disponer de una manera más rápida y frecuente [20].

Los dispositivos utilizados para visualizar este tipo de Realidad Virtual, son conocidos como HMD (del inglés head-mounted display), similares a un cas-

co, que reproducen imágenes sobre una pantalla muy cercana a nuestros ojos, permitiendo abarcar todo el campo de visión del usuario y así brinden una inmersión de éste en un mundo ficticio.

Igualmente, existen algunos HMD's que son utilizados por otro tipo de tecnología basada en entornos virtuales y que adopta el nombre de Realidad Aumentada.

AR (del inglés Augmented Reality), es una tecnología que intenta lograr perfeccionar nuestra propia realidad, combinando nuestro mundo real con el virtual que, a diferencia de la Realidad Virtual, que crea todo un entorno artificial desde cero, éste tipo de tecnología agrega elementos virtuales a una realidad que ya existe.

Hoy en día, la Realidad Aumentada ha adquirido mayor popularidad y expansión debido a las aplicaciones en donde se encuentra. Por ejemplo, en la industria del entretenimiento, específicamente en el área de los videojuegos, existe una aplicación muy popular, conocida como Pokémon GO [10], el cual consiste en la búsqueda y captura de personajes de la saga Pokémon, que se encuentran escondidos en el mundo real, visualizados a través de un smartphone, en donde claramente se puede ver el concepto de Realidad Aumentada debido a que los personajes están superpuestos en nuestro mundo real. Así mismo, encontramos que la AR abarca áreas como la medicina [18, 21], turismo [16], manufactura [11], entre muchas otras.

Todas estas aplicaciones en donde se encuentra la Realidad Aumentada, son visualizadas a través de dispositivos tales como HMD (Hololens de Microsoft, GoogleGlass de Google), computadoras, tablets o smartphones, y aunque gradualmente se han ido optimizando tanto el hardware como el software de cada uno de ellos, su uso impide al observador tener una conexión más real con su mundo, debido a factores tales como el campo de visión limitado por los mismos dispositivos, latencia en los gráficos que en ocasiones puede provocar mareos, y la necesidad obligatoria de llevar un equipo encima para poder visualizar este tipo de realidad. Debido a lo anterior, existe una variante de ésta tecnología, conocida como Realidad Aumentada Espacial (SAR, Spatial Augmented Reality), que mantiene el mismo concepto de la AR, pero con la diferencia que ésta es mostrada mediante proyectores digitales, es decir, proyecta información u objetos virtuales directamente sobre objetos físicos, por lo tanto, ya no necesitaríamos llevar con nosotros algún dispositivo para visualizarla.

En un inicio, SAR, simplemente se utilizaba en la proyección de imágenes o videos que se adaptaban a la forma de fachadas de edificios ofreciendo espectáculos visuales. Pero más adelante se integró la fase de interacción con estos elementos virtuales, lo cual aunque ayudó a involucrarse en varias industrias y expandir su aplicación, aumentó su nivel de complejidad, encontrando

varias problemáticas que actualmente siguen en proceso de desarrollo.

1.1. Planteamiento del problema

La Realidad Aumentada Espacial (SAR), siendo entonces un nuevo paradigma que se deriva de la Realidad Aumentada, es una nueva forma de visualizar elementos virtuales sin la necesidad de verlos a través de dispositivos sujetos a estar en nuestro cuerpo.

Estos objetos virtuales proyectados en nuestro entorno, a pesar de jugar en algunos casos con nuestra mente, para dar un efecto 3D, utilizando sombras en lugares específicos y aplicando técnicas para dar profundidad, se puede lograr distinguir de lo real con sólo situarnos en otro lugar en torno a la proyección y verlo desde otra perspectiva. Esto ocasiona por lo tanto que exista aún una gran barrera entre lo que es real y lo que es virtual en términos de SAR.

El estudio de proyectar objetos virtuales 3D, que se asemejen tanto a los objetos físicos, pudiendo en algunas ocasiones sustituirlos, es una de las problemáticas actuales sin resolver y que muy pocos han intentado abordar, debido al grado de complejidad que pudiese tener el desarrollo de ésta. Considerando que, para que se pueda implementar esta mejora, se debe tener en cuenta varios aspectos tales como:

- La deformación de los objetos virtuales al proyectarse directamente sobre los objetos físicos.
- La detección de una o más personas.
- El seguimiento de la persona a la cual se le tomará en cuenta la perspectiva, debido a que únicamente se podría proyectar la perspectiva de una sola persona.
- La calidad de la proyección de los elementos virtuales.

Se propone, por lo tanto, a través de un esquema simple inicial y en un futuro, aplicable a cualquier escenario virtual, la proyección de un escenario con elementos 3D, adaptable a la perspectiva de la persona, perfeccionando y cumpliendo aún más con el objetivo del término de Realidad Aumentada Espacial.

1.2. Justificación

Aunque varios proyectos en donde se aplica SAR, se encuentran dirigidos a la industria de los videojuegos (lo cual, a pesar de lo que muchos opinan ser una pérdida de tiempo, éstos son capaces de desarrollar múltiples habilidades en los usuarios y vivir experiencias únicas), el uso de SAR, se expande a distintas áreas proporcionando enriquecer la experiencia visual, y por lo tanto apoyando el desarrollo y entendimiento de las mismas.

Es por ello que proyectar escenarios u objetos virtuales cambiando su ángulo de vista cuando una persona se mueve alrededor de éste, nos brinda la oportunidad de darle más realidad a un objeto virtual y vivir una experiencia mejorada de SAR.

En la educación el uso de esta técnica nos permitiría, agilizar el proceso de aprendizaje, debido al impacto que causaría la proyección de objetos virtuales 3D, en temas como figuras o lugares históricos, planetas, el cuerpo humano, entre otros, que dieran la posibilidad de mostrar más información de la proporcionada en una simple imagen, y así motivar su estudio.

En la rama de la arquitectura, la visualización de una estructura, ya sea un edificio o casa, proyectada en 3D sin la necesidad de crear una maqueta, ayudaría a ahorrar recursos y vivir la misma experiencia, incluyendo la ventaja de poder modificar su modelado y ver instantáneamente el resultado que obtendrían de manera virtual.

Por lo tanto, el desarrollo de mostrar un escenario virtual 3D, según la perspectiva de una persona, sería un paso más hacia la adaptabilidad de un mundo virtual en el mundo real, siendo una potente herramienta de visualización capaz de contribuir en el desarrollo de múltiples áreas.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Desarrollar un sistema capaz de determinar el ángulo correspondiente de un entorno virtual basado en la perspectiva de una persona y proyectarlo en nuestro mundo para proporcionar un efecto de realidad.

1.3.2. Específicos

- Determinación de los módulos que intervendrán en el sistema mediante el análisis de los requerimientos.
- Detección del número de personas en la escena y selección del individuo

de interacción, por medio del desarrollo y la implementación de un módulo.

- Determinar la posición en donde se encuentre la persona y la altura proporcionada por la imagen de profundidad de un sensor RGB - D, por medio del desarrollo e implementación de un módulo.
- Optimización del sistema por medio de una comparativa de diversas técnicas en cada uno de los módulos del sistema.

1.4. Hipótesis

Basado en la posición y altura de una persona, obtenidas mediante un sensor RGB – D es posible obtener su perspectiva respecto a un entorno virtual que será proyectado y creará el efecto 3D que tanto se intenta conseguir.

Capítulo 2

Marco Teórico

Dado que el presente trabajo de tesis, se centrará en el área de la Realidad Aumentada Espacial (SAR), específicamente en la optimización de la percepción de objetos virtuales 3D, será necesario establecer algunas terminologías y trabajos relacionados que sirvan de apoyo para el correcto entendimiento de éste.

2.1. Antecedentes

2.1.1. Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada (AR), ha sido definida por varios autores desde distintos puntos de vista [3,19]. Algunos, la describen como una variante de la Realidad Virtual (VR); otros la considera como un concepto general, en donde VR se encuentra dentro de ésta tecnología. Ramesh Raskar, en su libro [6] menciona que AR, a diferencia de VR (que crea un entorno virtual desde cero), incorpora en nuestro entorno elementos sintéticos; es decir, superpone objetos o información virtual en una secuencia de imágenes capturadas en tiempo real de nuestro propio entorno, creando la ilusión de que ambos mundos (virtual y real) se fusionan en uno, es decir, creando una realidad mixta (MR).

Técnicas de visualización

Según Azuma [2], existen 3 principales formas en las que podemos visualizar la AR. Tales son a través de: dispositivos montados en la cabeza (head-worn displays, HWD), dispositivos de mano (handheld displays) o dispositivos de proyección (projective displays). La manera tradicional de per-

cibir esta realidad es a través de las dos primeras clasificaciones mencionadas anteriormente (en inglés See-through Augmented Reality, STAR [25]), mientras que la última es mayormente conocida como Spatial Augmented Reality (SAR).

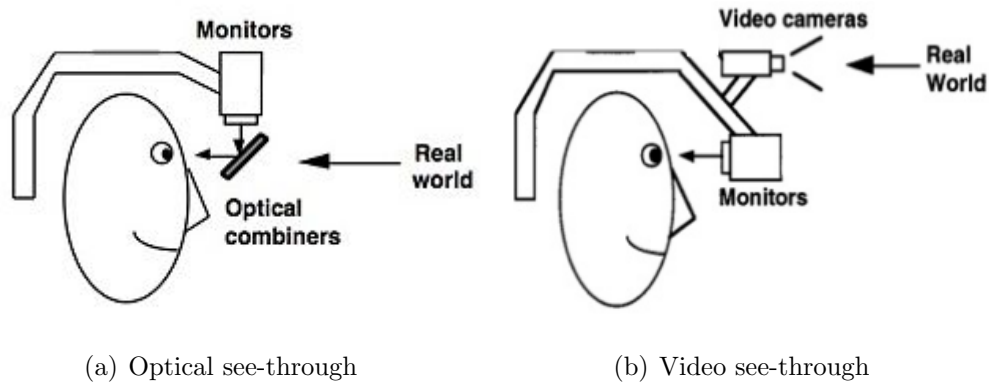


Figura 2.1: En (a) la superposición AR es proporcionada a través de una pantalla transparente, mientras que (b) las imágenes son capturadas por la cámara de video y usadas como fondo para la superposición AR.

See-though Augmented Reality. En el caso de los HWD's, también conocido como Head Mounted Displays (HMD's), estos son clasificados por dos tipos de técnicas de visualización: optical see-through y video see-through (Figura 2.1). Comercialmente hablando y los mas populares que podemos encontrar hoy en día, tenemos los Hololens de Microsoft y los Google glass, que a pesar de ser llamados como lentes de AR, se encuentran dentro del concepto de dispositivos en la cabeza.

En cuanto a los handhelds displays, traducido al español como dispositivos de mano, encontramos una amplia diversidad de dispositivos de varias marcas por parte de smartphones y tablets, que debido al bajo costo (en comparación con los HWD's) y al uso común de ellos, la AR se ha expandido y dado a conocer por medio del desarrollo de aplicaciones, que así como se ha utilizado como medio de entretenimiento, también ha servido de apoyo en el campo de la enseñanza, a través de aplicaciones tales como se presenta en (Figura 2.2). Sin embargo, aunque cada vez surgen mas aplicaciones entorno a estos artefactos, el uso de ellos impide al observador tener una conexión mas real con su mundo, debido principalmente al campo de visión limitado por los mismos.

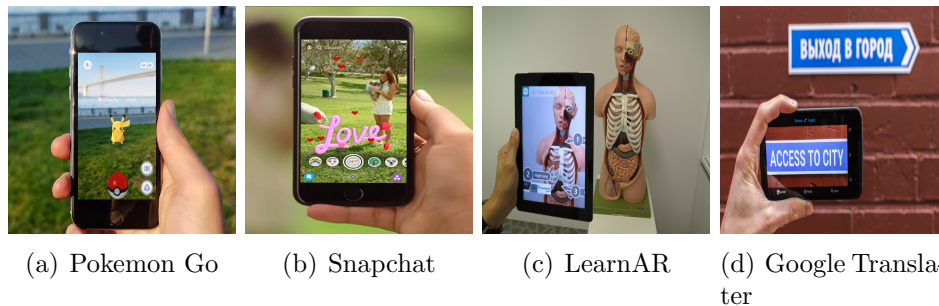


Figura 2.2: Los ejemplos (a) y (b) están enfocados al entretenimiento; (c) y (d) están enfocados a la educación

2.2. Estado del arte

La Realidad Aumentada Espacial, es una variante de la AR, que muestra mediante proyectores digitales, información u objetos virtuales directamente sobre objetos físicos, lo cual una de las ventajas que trae consigo con respecto a STAR, es el hecho de no tener que llevar un equipo encima para poder visualizar este tipo de realidad e involucrar la capacidad de poder interactuar directamente (sentido del tacto) de tal modo que nos ayude a estar mas en contacto con los objetos virtuales.

Raskar fue uno de los primeros en dar a conocer este nuevo paradigma a través de varios prototipos [22–24], los cuales se basaban principalmente en resolver problemas en cuanto a la distorsión de la imagen en la irregularidad de la superficie. Mas adelante, se implementó la fase de interacción entre el usuario y los elementos virtuales, lo cual atrajo la atención a grandes compañías tales como Microsoft, Sony, Disney, pero a la vez, surgiendo problemas mas complejos que aún siguen en proceso de desarrollo.

Dependiendo del uso o la aplicación en donde se encuentre ésta tecnología, se le atribuyen otros nombres que ayuden a entender mas su propósito en donde se esté implementando, ésto debido a que cuando hablamos de “Espacial”, no solo nos estamos refiriendo a la percepción de información adicional a través del sentido visual, sino que también podemos involucrar el tacto y el sentido auditivo.

2.2.1. Projection mapping

Comercialmente SAR, también es conocida como “projection mapping” o “video mapping”, refiriéndose a la proyección de información virtual en objetos reales, con el objetivo de enriquecerlos visualmente, mostrando una nueva forma de percibir el objeto. De igual manera se pueden proyectar imágenes o elementos virtuales en superficies tales como paredes de edificios para publicidad, como medio artístico en escenarios o incluso en el rostro o cuerpo de las personas [1].

Su nivel de complejidad, por lo tanto, varía dependiendo de la superficie en donde pueda ser proyectada la información. Por ejemplo, inicialmente, en proyectos como Luminous Room [27] se proyectaba la información en una superficie plana, donde únicamente se ajustaba la deformación que ocasionaba la proyección dependiendo de donde se encontrara el proyector. Sin embargo, años antes, ya se tomaba en cuenta la estructura del escenario [9] (en éste caso pantallas curvas) para proyectar información, en donde generaban las imágenes pre-distorsionadas para que luego se pudiese visualizar de la forma correcta. En cambio, cuando la superficie en donde se proyecta la información posee objetos y por lo tanto se muestra de forma irregular, se requiere un análisis previo de su forma para así capturar la información 3D de los objetos físicos, pre-distorsionar la imagen conforme a la irregularidad del escenario, tomar en cuenta la posición en donde se encuentra la persona y seguido a esto, la proyección correcta de los elementos virtuales [22,24,26,29]. IllumiRoom [15], es un claro ejemplo en donde la información virtual se adapta en nuestro entorno, tomando en cuenta la geometría y apariencia de éste, con el objetivo de aumentar la zona que rodea una pantalla de televisión y mostrar un escenario extendido de éste.

2.2.2. Interacción en SAR

En sus primeros años de desarrollo, no se contaba con una fase de interacción entre el usuario y los elementos virtuales, debido a que su propósito en ese momento, era mostrar información adicional, aumentando la experiencia visual. Fue entonces, que gracias a grandes compañías como Microsoft Research, desarrollaron proyectos y propusieron nuevas técnicas que incluían la interacción a través de las manos o algún material o dispositivo de apoyo, lo cual propició la expansión de SAR en distintas áreas, principalmente en el aprendizaje y entretenimiento.

Proyecciones de Sobremesa

Mucho de éste desarrollo y avance se inició a través de proyectos que mostraban la información en sobremesa (tabletop). Éstas eran visualizadas a través de proyectores que generalmente estaban ubicados en el techo, proyectando la información encima de la mesa (front-projected displays) o debajo de ésta (técnica conocida como retroproyección).

Augmented Reality SandBox [17], es un proyecto, basado en front-projection, que actualmente se encuentra en algunos museos, desarrollado por investigadores de la Universidad de California en Davis, en el cual proponen una interactiva forma de aprender topografía, esto, utilizando arena en una caja especial, creando un modelo topográfico en relación a la forma en la que se encuentre la arena, es decir, dependiendo de la altura del relieve detectado por un sensor de profundidad, es proyectada la información real de como se comportaría el terreno.

La proyección frontal, en la mayoría de los proyectos ocasiona que las manos u otras partes del cuerpo de las personas, obstruyan la proyección, ocasionando poca realidad de inmersión de elementos virtuales en nuestro entorno [7, 17, 28]. Como una propuesta de solución a éste problema, Mirage-Table [4] proyecto desarrollado por Microsoft Research, propone una técnica, que es capaz de manipular los elementos virtuales como si fuesen objetos reales, adoptando las características físicas que pudiesen tener, tomando en cuenta la interacción y superposición de estos en las manos, sin la distorsión que causaría ésta.

En lo que respecta a la retroproyección, tomando el ejemplo anterior, trabajo previo a MirageTable, fue propuesto una robusta técnica de manipulación de objetos virtuales para este tipo de proyección, simulando la manera en la que nosotros utilizamos los objetos físicos [13]. También, encontramos que el uso de la retroproyección, ha servido para mostrar información virtual con múltiples usuarios, optimizando las técnicas de seguimiento de manos y reconocimiento de gestos, para un correcto uso multi-touch, apoyando el trabajo colaborativo [8, 12].

Proyecciones en superficies irregulares

Debido a la necesidad de llevar la tecnología SAR a nuestros hogares, principalmente como medio de entretenimiento, se han propuesto y desarrollado varias técnicas, en donde una de las principales cuestiones en las que se ha enfocado el estudio, es en la detección y modelado de la geometría de los objetos físicos, e incluso en la detección y ubicación de elementos en nuestro

entorno, para involucrar a los elementos virtuales en nuestro medio, con el objetivo de que se puedan desenvolverse de una forma más real.

RoomAlive, es un complejo proyecto propuesto por Microsoft Research, que es capaz de transformar cualquier habitación en un área de entretenimiento de realidad aumentada espacial [14]. Poseen un sistema de seguimiento de personas que es utilizado para que el escenario cambie dinámicamente alrededor de ellos. El sistema, se basa principalmente en identificar superficies planas como paredes y piso, esto a través de una combinación de mapas de profundidades de 6 sensores RGB-D distribuidos por toda la habitación, de manera que se puedan clasificar las superficies, y así brindar la oportunidad de crear situaciones y escenarios virtuales más reales.

Proyección en torno a la perspectiva

A pesar de que se ha logrado un buen avance en la proyección de elementos virtuales en nuestro entorno, de tal forma que no se distorsionen al ser mostrados en tiempo real, no se ha abarcado mucho en el estudio que toma en cuenta al objeto virtual 3D, mostrando sus respectivos ángulos o lados en torno a la perspectiva de una persona.

Un ejemplo que toma en cuenta éste estudio, lo podemos encontrar con otro proyecto por parte de Microsoft, llamado Mano-a-mano [5], el cual involucra las técnicas anteriormente mencionadas en RoomAlive y adicionalmente se realiza una adaptación del elemento virtual con respecto a la posición de la persona. En ésta propuesta, es tomada la perspectiva de dos personas que se encuentran una frente a la otra, lo cual involucra la interacción multi-usuario, y ser capaces de visualizar los objetos virtuales tal como si fuesen reales. Sin embargo, el ángulo en el que se pueden desplazar es limitado (menos de 90 grados) debido a la posición de los proyectores (parte de la imagen es proyectada directamente sobre la persona contraria), por lo tanto la interacción y visualización de los objetos virtuales 3D sigue siendo tema de estudio.

Capítulo 3

Diseño

El correcto diseño de un sistema, es de suma importancia, para su futura escalabilidad y optimización, basado en pequeños módulos en los cuales permitan ser mejorados de forma independiente evitando a todo costo que la modificación de alguno de ellos afecte el funcionamiento de todo el sistema en general. Éste, fue desarrollado siguiendo el modelo por prototipos, de manera tal que pudiese existir retroalimentación en cualquier momento del desarrollo.

3.1. Análisis de Requerimientos

Antes de poner en marcha la implementación del sistema, es necesario un previo análisis desde el punto de vista del hardware y software, con el objetivo de obtener los mejores resultados del sistema.

3.2. Diseño del Sistema

Despues de un análisis de los elementos que podrían estar involucrados, se determinaron 3 módulos principales en el sistema: Detección, Posicion y Altura de persona se decidió pues realizar el desarrollo en base a dos prototipos. n dos etapas, para determinar los métodos apropiados en cada una, y obtener resultados rápidos de la implementación.

La primera etapa se basó en el di

Capítulo 4

Implementación y resultados

tampoco nadita):

Capítulo 5

Conclusiones

y con esto concluimos /O/

5.1. Trabajo Futuro

muchos xD

Bibliografía

- [1] Projection Mapping Central. <http://projection-mapping.org>, 2017.
- [2] AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIER, S., AND MACINTYRE, B. Recent advances in augmented reality. *IEEE computer graphics and applications* 21, 6 (2001), 34–47.
- [3] AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and virtual environments* 6, 4 (1997), 355–385.
- [4] BENKO, H., JOTA, R., AND WILSON, A. Miragetable: freehand interaction on a projected augmented reality tabletop. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (2012), ACM, pp. 199–208.
- [5] BENKO, H., WILSON, A. D., AND ZANNIER, F. Dyadic projected spatial augmented reality. In *Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology* (2014), ACM, pp. 645–655.
- [6] BIMBER, O., AND RASKAR, R. *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*. CRC press, 2005.
- [7] DIETZ, P., AND LEIGH, D. Diamondtouch: a multi-user touch technology. In *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology* (2001), ACM, pp. 219–226.
- [8] DOHSE, K., DOHSE, T., STILL, J. D., AND PARKHURST, D. J. Enhancing multi-user interaction with multi-touch tabletop displays using hand tracking. In *Advances in Computer-Human Interaction, 2008 First International Conference on* (2008), IEEE, pp. 297–302.
- [9] DORSEY, J. O., SILLION, F. X., AND GREENBERG, D. P. Design and simulation of opera lighting and projection effects. In *ACM SIGGRAPH computer graphics* (1991), vol. 25, ACM, pp. 41–50.

- [10] DORWARD, L. J., MITTERMEIER, J. C., SANDBROOK, C., AND SPOONER, F. Pokémon go: benefits, costs, and lessons for the conservation movement. *Conservation Letters* 10, 1 (2017), 160–165.
- [11] FRÜND, J., GAUSEMEIER, J., MATYSCZOK, C., AND RADKOWSKI, R. Using augmented reality technology to support the automobile development. In *International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design* (2004), Springer, pp. 289–298.
- [12] GELLER, T. Interactive tabletop exhibits in museums and galleries. *IEEE Computer Graphics and Applications* 26, 5 (2006), 6–11.
- [13] HILLIGES, O., IZADI, S., WILSON, A. D., HODGES, S., GARCIA-MENDOZA, A., AND BUTZ, A. Interactions in the air: adding further depth to interactive tabletops. In *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology* (2009), ACM, pp. 139–148.
- [14] JONES, B., SODHI, R., MURDOCK, M., MEHRA, R., BENKO, H., WILSON, A., OFEK, E., MACINTYRE, B., RAGHUVANSHI, N., AND SHAPIRA, L. Roomalive: magical experiences enabled by scalable, adaptive projector-camera units. In *Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology* (2014), ACM, pp. 637–644.
- [15] JONES, B. R., BENKO, H., OFEK, E., AND WILSON, A. D. Illu-miroom: peripheral projected illusions for interactive experiences. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (2013), ACM, pp. 869–878.
- [16] KOUNAVIS, C. D., KASIMATI, A. E., AND ZAMANI, E. D. Enhancing the tourism experience through mobile augmented reality: Challenges and prospects. *International Journal of Engineering Business Management* 4 (2012), 10.
- [17] KREYLOS, O. Augmented reality sandbox. *Recuperado de <http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox>* (2016).
- [18] MARESCAUX, J., RUBINO, F., ARENAS, M., MUTTER, D., AND SOLER, L. Augmented-reality-assisted laparoscopic adrenalectomy. *Jama* 292, 18 (2004), 2211–2215.

- [19] MILGRAM, P., AND KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems* 77, 12 (1994), 1321–1329.
- [20] PAUSCH, R., CREA, T., AND CONWAY, M. A literature survey for virtual environments: Military flight simulator visual systems and simulator sickness. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 1, 3 (1992), 344–363.
- [21] PLODER, O., WAGNER, A., ENISLIDIS, G., AND EWERS, R. Computer-assisted intraoperative visualization of dental implants. augmented reality in medicine. *Der Radiologe* 35, 9 (1995), 569–572.
- [22] RASKAR, R., WELCH, G., CUTTS, M., LAKE, A., STESIN, L., AND FUCHS, H. The office of the future: A unified approach to image-based modeling and spatially immersive displays. In *Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (1998), ACM, pp. 179–188.
- [23] RASKAR, R., WELCH, G., AND FUCHS, H. Spatially augmented reality. In *First IEEE Workshop on Augmented Reality (IWAR'98)* (1998), Citeseer, pp. 11–20.
- [24] RASKAR, R., WELCH, G., LOW, K.-L., AND BANDYOPADHYAY, D. Shader lamps: Animating real objects with image-based illumination. In *Rendering Techniques 2001*. Springer, 2001, pp. 89–102.
- [25] ROO, J. S., AND HACHET, M. Interacting with spatial augmented reality.
- [26] STARNER, T., LEIBE, B., MINNEN, D., WESTYN, T., HURST, A., AND WEEKS, J. The perceptive workbench: Computer-vision-based gesture tracking, object tracking, and 3d reconstruction for augmented desks. *Machine Vision and Applications* 14, 1 (2003), 59–71.
- [27] UNDERKOFFLER, J. A view from the luminous room. *Personal Technologies* 1, 2 (1997), 49–59.
- [28] WILSON, A. D. Playanywhere: a compact interactive tabletop projection-vision system. In *Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology* (2005), ACM, pp. 83–92.
- [29] WILSON, A. D. Depth-sensing video cameras for 3d tangible tabletop interaction. In *Horizontal Interactive Human-Computer Systems*,

2007. TABLETOP'07. Second Annual IEEE International Workshop on (2007), IEEE, pp. 201–204.