

Resumen

El desarrollo de hardware y software lo suficientemente potente para el uso de SLAM (localización y mapeo simultáneos) en la realidad extendida ha sido importante en los últimos años. La realidad aumentada (RA) se ha beneficiado en gran medida de estos avances. La RA ofrece muchas posibilidades en psicología y, en concreto, para la evaluación de la memoria espacial. La memoria espacial se utiliza para almacenar y recordar los estímulos espaciales percibidos en un entorno. Esta capacidad es de vital importancia en la vida cotidiana de los seres humanos.

Esta tesis se centra en explotar las posibilidades de la RA basada en SLAM para la evaluación de la memoria espacial. El objetivo principal fue desarrollar nuevas técnicas de localización en interiores en el ámbito de la RA, aprovechando los avances tecnológicos, y validarlas mediante la construcción de frameworks y aplicaciones orientadas a la evaluación de la capacidad de localización espacial en adultos; y estudiar el aumento perceptivo en los canales visual y táctil.

En esta tesis, para cumplir con este objetivo principal, se desarrolló un framework para el desarrollo de aplicaciones de autor para utilizar en el estudio de la memoria espacial aprovechando la RA basada en SLAM. Este framework ha sido utilizado para el desarrollo de todas las aplicaciones propuestas en esta tesis. El framework desarrollado permite utilizar diferentes motores/SDKs de RA. Existen diferentes interfaces incorporadas en el framework a través de las cuales se puede acceder a los diferentes módulos de RA. Esto permite un uso modular e independiente del motor de RA para los desarrolladores. El funcionamiento general de las aplicaciones desarrolladas en esta tesis consta de tres fases. En una primera fase, el supervisor selecciona el número de objetos virtuales a memorizar y los propios objetos virtuales, que coloca en los lugares deseados del entorno. En la segunda fase, el usuario recorre el entorno y memoriza las ubicaciones de los objetos virtuales en el entorno real. En la tercera fase, el usuario debe colocar los objetos virtuales en las ubicaciones que tenían en la fase anterior. Las aplicaciones almacenan todos los datos para su posterior análisis. Además, hasta donde sabemos, este es el primer trabajo que utiliza la RA basada en SLAM para la evaluación de la memoria espacial, implicando el movimiento físico del usuario, y considerando estímulos visuales y táctiles.

Para la validación, se realizaron tres estudios centrados en investigar la viabilidad del uso de las aplicaciones en entornos de pequeñas y grandes dimensiones, así como el uso de estímulos visuales y táctiles. El rendimiento de nuestras aplicaciones se comparó con los métodos tradicionales. También se evaluaron las variables subjetivas.

En el primer estudio se consideraron los estímulos visuales y los entornos de pequeñas dimensiones. En este estudio participaron 55 usuarios ($36,53 \pm 15,78$), 24 mujeres. Los participantes se dividieron en dos grupos: ARGroup (los participantes memorizaron la ubicación de los objetos virtuales en el entorno real en una fase de memorización mediante RA) y el NoARGroup (los participantes memorizaron la ubicación de los objetos mirando fotografías del entorno aumentado mediante el dispositivo). Los resultados mostraron que los datos obtenidos sobre el rendimiento respecto a la localización de objetos para los participantes del ARGroup fueron significativamente mayores que los obtenidos por los participantes del NoARGroup. No se encontraron diferencias estadísticamente

significativas en cuanto al rendimiento y teniendo en cuenta el género o la edad. Ambos grupos de participantes valoraron positivamente su experiencia con la aplicación. Una de las aportaciones de este estudio fue concluir que caminar por el entorno aumentado ayudó a los participantes a recordar mejor las ubicaciones de los objetos virtuales añadidos a la escena real en comparación con la observación de fotografías del entorno.

El segundo estudio consideró los estímulos visuales y los entornos de grandes dimensiones. En este estudio participaron 46 adultos jóvenes ($24,65 \pm 8,54$ años), 26 mujeres. Los participantes tenían que memorizar la posición de ocho objetos virtuales mientras caminaban por un edificio de dos plantas. Se evaluó el rendimiento de los participantes en una tarea verbal de recuerdo de objetos, una tarea de colocación en mapas y una tarea de orientación espacial con lápiz y papel. También se evaluó la importancia de las distintas estrategias espaciales de orientación y los niveles de ansiedad. Los resultados mostraron que la aplicación funcionaba sin problemas en un edificio de dos plantas. No hubo diferencias significativas entre hombres y mujeres, en el rendimiento de la tarea de RA para la localización de objetos, en la tarea colocación en mapas o en la tarea de recuerdo. Los hombres emplearon significativamente más tiempo en completar la fase de aprendizaje de la tarea de RA. La memoria espacial para la localización de objetos en RA y en el mapa se correlacionó positivamente. El rasgo de ansiedad se correlacionó positivamente con el tiempo empleado por los participantes durante la fase de aprendizaje de la tarea de RA, mientras que la ansiedad de orientación se correlacionó negativamente con la preferencia por las señales direccionales para orientarse.

En el tercer estudio se comparó el rendimiento con estímulos visuales y táctiles y se utilizaron entornos de pequeñas dimensiones. En este estudio participaron 53 sujetos, 16 mujeres. Los participantes se dividieron en dos grupos: Visual, que utilizó estímulos visuales, y Táctil, que utilizó estímulos táctiles. Los resultados mostraron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de formas colocadas correctamente para ambos estímulos. El grupo que utilizó el estímulo táctil necesitó mucho más tiempo para completar la tarea de evaluación y requirió muchos más intentos. Los resultados de rendimiento al utilizar ambos estímulos fueron independientes del género.

Del desarrollo y de los tres estudios realizados se extrajeron las siguientes conclusiones generales:

- La RA basada en SLAM es adecuada para desarrollar tareas de evaluación de la memoria espacial, pudiéndose utilizar en cualquier entorno y sin necesidad de añadir elementos reales al entorno para su registro.
- Las aplicaciones desarrolladas en esta tesis permiten la personalización de la tarea y el almacenamiento de las variables de rendimiento.
- Estas aplicaciones han permitido una evaluación ecológica.
- Estas aplicaciones y otras herramientas similares podrían utilizarse para evaluar y entrenar la memoria espacial como alternativa a los métodos tradicionales.

- Los estímulos táctiles son estímulos válidos que pueden beneficiar la evaluación de la memoria de las asociaciones táctiles-espaciales, pero la memoria de las asociaciones visuales-espaciales es dominante.
- Las aplicaciones desarrolladas en esta tesis y otras herramientas similares podrían ayudar en el diagnóstico de las alteraciones de la memoria espacial.