

# Sistema para la navegación en interiores mediante técnicas de Realidad Aumentada

C. González, M. A. Martínez, F.J. Villanueva, D. Vallejo, J. C. López

<sup>1</sup> Escuela Superior de Informática. Universidad de Castilla-La Mancha.  
Paseo de la Universidad, 4. 13071 Ciudad Real

{Carlos.Gonzalez, Miguela.Martinez, Felix.Villanueva, David.Vallejo,  
JuanCarlos.Lopez}@uclm.es

**Resumen.** Los sistemas de navegación permiten la localización y seguimiento de elementos móviles en un entorno. Si esta información es procesada en tiempo real, es posible mejorar la eficiencia y automatización de tareas en el uso de las infraestructuras existentes. En este trabajo se describe una plataforma de Realidad Aumentada que emplea diversas técnicas visión por computador para la ayuda a la navegación en interiores. Nuestra aproximación emplea información de contexto para seleccionar la información relevante al usuario para la realización de ciertas tareas.

**Palabras clave:** Localización, Posicionamiento, Navegación, Realidad Aumentada, Visión por Computador, Tracking.

## 1 Introducción

Los sistemas de ayuda a la navegación requieren el cálculo con precisión del posicionamiento del usuario en el entorno. Aunque la comunidad científica ha realizado mucho esfuerzo en diferentes áreas [1] como localización por *Wifi*, *RFID* o *Bluetooth*, en la actualidad todos los métodos presentan sus ventajas y limitaciones en términos de coste, precisión, cobertura, etc.

En el proyecto *Elcano*<sup>1</sup> se aborda la construcción de un sistema de navegación multimodal para personas con discapacidad. La combinación de diferentes métodos de posicionamiento permiten obtener la localización del usuario de un modo más robusto y preciso. Una vez conocida la posición del usuario, *Elcano* calcula una posible ruta hacia una serie de objetivos teniendo en cuenta el contexto de la operación (posición actual, tipo de discapacidad del usuario, información del entorno, etc). Ciertas discapacidades cognitivas requieren nuevos paradigmas de interacción persona-computador que eviten determinadas abstracciones (como iconos o señalización en edificios) [2]. En este artículo se presenta uno de los módulos de localización y representación de *Elcano* basado en técnicas de Realidad Aumentada.

---

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido financiado por el proyecto *Elcano: Infraestructura de navegación en entornos inteligentes para personas de movilidad limitada*, de la Cátedra Indra - Universidad de Castilla-La Mancha.

## 2 Localización y Seguimiento

Existen multitud de trabajos en el campo de la integración de sensores inerciales y sensores basados en métodos de visión mediante el uso de marcas [3]. Las marcas visuales son ampliamente utilizadas por su rápida detección empleando métodos poco costosos computacionalmente. Existen diferentes familias de métodos de posicionamiento basados en técnicas de visión por computador, muchas de ellas ampliamente utilizadas en el campo de la robótica. En [4] se realiza un estudio del estado del arte en métodos de localización basados en imágenes.

Nuestro trabajo en el módulo de Realidad Aumentada de *Elcano* se centra en la combinación de diferentes métodos de tracking visuales empleando una arquitectura multi-capa y un *middleware* de comunicaciones orientado a objetos. El prototipo mostrado en la Fig. 1 se estructura en cuatro capas principales:

- La **Capa de Sensorización** se encarga de obtener la información del entorno mediante un despliegue de sensores heterogéneos. En esta capa es posible desplegar pequeños objetos dedicados a tareas concretas, como por ejemplo un filtro de *Kalman* implementado en un microprocesador.
- La **Capa de Tracking** proporciona servicios de seguimiento de elementos móviles a otros objetos del sistema. En esta capa se pueden desplegar objetos de tracking absoluto (como basados en marcas) o de tracking relativo (como basados en puntos de interés y *Optical Flow*). En nuestra aproximación se han utilizado *ARToolKit* como método de tracking basado en marcas y *OpenCV* como implementación base del *Optical Flow*.
- La **Capa de Fusión** se encarga de integrar la información de tracking proporcionada por los objetos de la capa anterior empleando conocimiento experto e información sobre el histórico de percepciones anteriores.
- La **Capa de Representación** finalmente se encarga de desplegar una interfaz de usuario adecuada a cada usuario, teniendo en cuenta las limitaciones del dispositivo de representación que se utilizará. En la siguiente sección se estudiarán los detalles más relevantes de esta capa.

En este esquema de cuatro capas, el diseño de la plataforma se ha realizado teniendo en cuenta la movilidad del dispositivo de representación, y sus limitaciones asociadas (baja capacidad de cómputo, autonomía y rendimiento en despliegue 3D). De este modo se distingue entre *objetos móviles*, que se ejecutan en el dispositivo portátil, y *objetos estáticos* que se ejecutan en servidores externos. El objetivo de esta separación es realizar el tracking básico en tiempo real en el dispositivo portátil, delegando tareas computacionalmente más costosas en los *objetos estáticos* externos. Por ejemplo, existe un servicio de localización basado en descriptores de imagen que emplea una extensa base de datos para calcular la posición del usuario periódicamente bajo demanda.

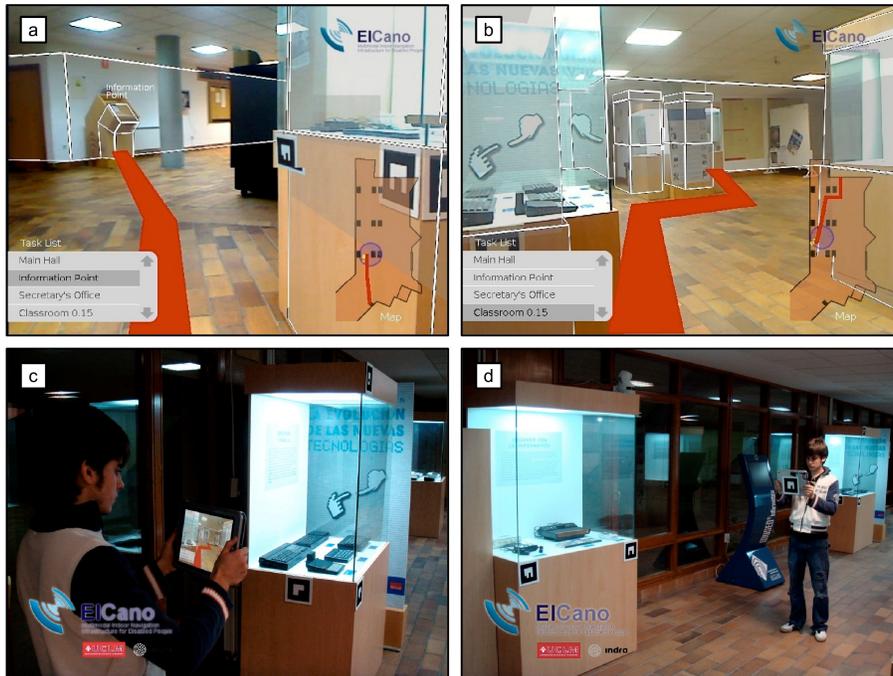
Gracias al uso de la infraestructura de comunicaciones de *Elcano*, la localización de objetos es transparente, por lo que la migración de objetos externos puede realizarse sin necesidad de cambios en la interfaz de representación.

### 3 Representación

El principal objetivo de la Realidad Aumentada (RA) es mejorar la percepción e interacción del usuario con el mundo real añadiendo capas de información sintética 3D perfectamente alineadas con los objetos reales. En el trabajo desarrollado para *Elcano*, esta información se filtra para mostrar únicamente la información relevante para el usuario teniendo en cuenta el **contexto estático** (tipo y nivel de discapacidad), y el **contexto dinámico** (posición, objetivo y estado actual del entorno).

La representación se realiza empleando un motor de despliegue propio basado en *OpenGL*, con soporte de widgets de navegación 2D (mapas y listas de tareas) y carga de objetos 3D de entorno e interacción.

Para facilitar la navegación a personas con discapacidad cognitiva, se utiliza la metáfora de seguimiento de líneas virtuales pintadas sobre el suelo, que son actualizadas en tiempo real superponiendo polígonos 3D sobre la vista de la cámara (ver Fig. 1). Mediante esta aproximación se facilita la navegación proporcionando flujos continuos de información visual sintética integrada en la percepción del entorno.



**Fig. 1.** Interfaz de navegación basado en Realidad Aumentada **a)** y **b)** Capturas de la interfaz de navegación. Las líneas de color rojo mostradas sobre el suelo indican el camino que deberá seguir el usuario para alcanzar el objetivo de navegación. **c)** El usuario utiliza un *TabletPC* para navegar en el interior del edificio. En esta imagen se muestran algunas marcas pasivas de Realidad Aumentada. **d)** El sistema cuenta con cámaras IP externas (como la situada en la parte superior de la vitrina) que permiten calcular mediante *objetos estáticos* la posición del usuario (como muestra la fotografía, el *TabletPC* tiene asociada a su vez una marca visual).

## 4 Conclusiones

El trabajo desarrollado en *Elcano* proporciona un sistema de posicionamiento y navegación multimodal para usuarios de movilidad limitada. La combinación de diferentes aproximaciones a la localización en interiores dota al sistema de una mayor robustez y tolerancia a los fallos intrínsecos de cada método.

El módulo de Realidad Aumentada emplea técnicas de tracking visual para la localización y navegación en el interior de edificios. El módulo de representación utiliza nuevos paradigmas de interacción para facilitar la consecución de objetivos al usuario empleando información relativa al contexto. Frente a las soluciones arquitectónicas existentes en el ámbito de la Realidad Aumentada [5][6], la plataforma propuesta en *Elcano* proporciona, gracias al uso del middleware orientado a objetos, una aproximación más eficiente para dispositivos móviles, además de la selección de información relevante mediante el modelado de conocimiento experto.

Como línea de trabajo futuro cabe destacar la incorporación de nuevos métodos de tracking visuales e inerciales. La interfaz de posicionamiento en el prototipo actual requiere algún tipo de mecanismo de localización absoluto (basado en marcas o balizas) para proporcionar datos exactos. Actualmente se está trabajando en la incorporación de nuevas aproximaciones, como el método PTAM [7] junto con el uso de módulos adicionales de tracking inercial.

## Referencias

1. Seco, F., Jimenez A.R., Prieto, C., Roa, J. Koutsou, K.: A survey of mathematical methods for indoor localization. In: IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, pp. 9--14. IEEE Press, New York (2009).
2. Passini, R.: Wayfinding design: logic, application and some thoughts on universality. In: Design Studies, vol. 17, no. 3., pp. 319—331. Elsevier (1996).
3. Coughlan, J., Manduchi, R.: Functional assessment of a camera phone-based wayfinding system operated by blind and visually impaired users. In: International Journal on Artificial Intelligence Tools, vol. 18, no. 3, pp. 379--397. World Scientific (2009).
4. Hile, H., Borriello, G.: Positioning and Orientation in Indoor Environments using camera phones. In IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 28, no. 4, pp. 32—39. IEEE Press, New York (2008).
5. Ponder, M., Papagiannakis, G., Molet T. Magnenat-Thalmann, N., Thalmann, D.: VHD++ development framework: Towards extensible component based VR/AR simulation engine featuring advanced virtual character technologies. In Computer Graphics International, pp. 96--104 (2003).
6. Ohlenburg, J., Herbst, I., Lindt, I., Frohlich, T., Broll, W.: The MORGAN framework: enabling dynamic multiuser AR and VR projects. In: Proceedings of the ACM symposium on Virtual Reality software and technology, pp. 166--179 (2004).
7. Klein, G., Murray, D.: Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces. In: Proceedings of the 6<sup>th</sup> IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 225--234 (2007).