

# SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO EN INTERIORES PARA PERSONAS MAYORES

## INDOOR POSITIONING SYSTEM FOR ELDERLY

**Sixto Enrique Campaña Bastidas<sup>1</sup>**

**Pedro Torres Silva<sup>2</sup>**

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

### Resumen

Con Internet de las Cosas (IoT) y redes de sensores inalámbricas (WSN), han surgido nuevas posibilidades de solución para diferentes problemas de las personas; por ejemplo, para el cuidado de personas mayores, principalmente para quienes padecen demencia, donde un sistema de posicionamiento en interiores (IPS), permite identificar en tiempo real la localización de una persona, alertar sobre riesgos y ayudar en el cuidado de la misma. Por lo anterior se describe el funcionamiento de un IPS, los conceptos básicos para implementarlos, algunas plataformas de hardware y las pruebas de concepto realizadas, con el fin de determinar la precisión de los IPS y su posible aplicación en la población seleccionada. Es importante mencionar, que, si bien existen muchos IPS en desarrollo, la novedad de la propuesta presentada radica en que es para personas mayores, define un protocolo de cuidado y propone la adecuación de un dispositivo IoT con el software de control necesario para cuidar y monitorear a estas personas.

**Palabras clave:** Internet de las cosas; adquisición de datos remota por sensores; redes de sensores; sistemas de posicionamiento.

### Abstract

With Internet of Things (IoT) and wireless sensor networks (WSN), new possibilities for solving different people's problems have emerged; for example, for the care of the elderly, mainly for those suffering from

---

<sup>1</sup> Ph.D. en Ingeniería – Docente asociado UNAD, <https://orcid.org/0000-0001-9937-2784/>  
sixto.campana@unad.edu.co

<sup>2</sup> Magister – Docente asistente UNAD, <https://orcid.org/0000-0003-3649-2281/> pedro.torress@unad.edu.co

dementia, where an indoor positioning system (IPS), allows to identify in real time the location of a person, alert about risks and help in the care of the same. The above describes the operation of an IPS, the basic concepts to implement them, some hardware platforms and the proofs of concept performed, in order to determine the accuracy of the IPS and its possible application in the selected population. It is important to mention that although there are many IPSs in development, the novelty of the proposal presented is that it is for the elderly, it defines a care protocol and proposes the adequacy of an IoT device with the control software necessary to care for and monitor older people.

**Keywords:** Internet of things; Remote sensor data acquisition; Sensor networks; Positioning systems.

## 1. Introducción

Los sistemas de posicionamiento en interiores (IPS), tienen muchas aplicaciones, partiendo de las del contexto militar o comercial, hasta las relacionadas con el monitoreo de personas mayores, principalmente para aquellas que presentan algún grado de dificultad en su percepción del peligro (personas con demencia). Por otra parte, se puede afirmar que actualmente existen importantes estudios en este campo y las diversas aplicaciones que relacionan el mismo para la localización de personas u objetos en tiempo real como se afirma en Martínez (2013). Pero también es cierto que la geolocalización de mayor precisión en interiores, es una tecnología todavía emergente y con muchas posibilidades de desarrollo (Gartner, 2013), considerada como una tecnología similar al sistema de posicionamiento global (GPS), que es usado para determinar una posición en exteriores. Según Dempsey (2003), un IPS es un sistema que puede determinar la posición de algo o alguien en un espacio físico como en un hospital, un gimnasio, una escuela, etc., de forma continua y en tiempo real. Este concepto es el referente para considerar a los IPS como escenarios típicos de monitoreo y rastreo humano en interiores. Aunque ya existen tecnologías para localización como el GPS, se ha demostrado que con ellas no se puede obtener la precisión necesaria en interiores (Núñez, 2009). Según (Mathisen *et al.*, 2017), se puede afirmar que las tecnologías para IPS, se están convirtiendo en recursos primarios para aplicaciones en varios dominios, tales como, las tareas de reconocimiento de detección de alto nivel, como el denominado reconocimiento de actividad humana (HAR). Acorde a lo anterior en el presente documento se ha abordado la descripción de las fases seguidas para el diseño de un IPS, que consiste en describir el objeto del sistema, la elección del

hardware, las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones que este proceso deja hasta el momento, en el marco de un proyecto de investigación que busca trabajar estas tecnologías para el cuidado de personas mayores.

## **2. Metodología (o desarrollo del tema, según sea el caso)**

El proceso de desarrollo de un IPS se realizó mediante tres fases: Definición del objeto del IPS; Definición del hardware; y realización de pruebas de aceptación.

**Fase 1. Definición objeto IPS:** de acuerdo con Hightower & Borriello (2001), la fusión de sensores permite integrar sistemas con diferentes distribuciones de error, y gracias a ello se puede incrementar la tasa de acierto y reducir el error cometido en las estimaciones. El reto entonces está en poder tener un sistema de bajo costo y que con una infraestructura mínima pueda obtener los resultados deseados. El objeto es integrar un sistema de obtención de información (red de sensores), con un sistema computacional que permita determinar la posición de una persona en un espacio cerrado, incorporarla a la base de datos del sistema computacional, para normalizarla con el método y filtro de posicionamiento definido, la cual estará dada en coordenadas y con ello poder tomar las decisiones y actuaciones necesarias. Lo anterior significa, que, si una persona mayor se aproxima a un área de riesgo, esta información debe ser transmitida al cuidador y a su vez, se estará construyendo una base de datos sobre esta persona, con los tiempos de respuesta de su cuidador, datos de la ruta y los tiempos que sigue la persona cuando ingresa en la zona de riesgo. Con lo anterior es posible llevar un histórico del comportamiento de las personas y de las respuestas para los casos de advertencia de riesgo. El sistema deberá aprender a partir de una mínima reconfiguración, dada por la instalación de nodos o de puntos de referencias o de ubicación de dispositivos o de otros elementos que sirvan como referencia y que de alguna manera estarán fijos, o cuando se comparta la infraestructura existente.

**Fase 2. Definición de hardware:** tomando como referencia al estudio de mapeo de Núñez, 2009), se ha definido que la plataforma que se usará está basada en UWB; la tecnología sobre esta plataforma funcionará con la técnica TOA en 2D. Para ello, se seleccionaron dos dispositivos: los módulos DWM1000 y DWM1001 DEV de Decawave (DWM1001, 2018). Los cuales trabajan con el transceptor DW1000 Ultra Wideband (UWB) de Decawave, que es una implementación UWB de IEEE 802.15.4-2011. Permitiendo el diseño y desarrollo de un sistema de localización en tiempo real, con comunicaciones bidireccionales (que no demandan de una

sincronización perfecta (Güvenc & Chong, 2009) y el cálculo de la posición en cada dispositivo. Además, los costos de cada dispositivo son relativamente bajos. Estos dispositivos también cuentan con: un sistema de procesamiento (SoC) de bajo consumo, servicios de Bluetooth de bajo consumo (BLE) y un sensor de movimiento (acelerómetro). Para configuración y control poseen una interfaz de programación de aplicaciones (API) a través de estándares de comunicaciones como: SPI, UART y BLE. Entre varios elementos justificables para la elección de esta tecnología están la posibilidad de escalabilidad del producto y las aplicaciones desarrolladas por el fabricante. La operación del IPS propuesto con los sensores definidos, requiere al menos de tres puntos de referencia o anclas para localizar a un objetivo y así obtener el posicionamiento relativo del objetivo. Para inicializar el sistema, al menos una de las anclas debe estar configurada como un "inicializador". Esta ancla, inicia y controla la red y permitirá que otras anclas se unan y formen una red o un clúster. El IPS utiliza como técnica de acceso al canal, El acceso múltiple por división de tiempo, (*Time Division Multiple Access* o *TDMA*). La comunicación se realiza a través de una supertrama de 100 ms de duración, la cual es repetitiva durante el funcionamiento de la red.

**Fase 3. Pruebas:** estas tuvieron dos etapas, inicialmente una de configuración de dispositivos y luego otra de aplicación en espacios determinados, como los laboratorios de la UNAD. Las pruebas de configuración de dispositivos se dirigieron a la obtención de resultados y captura de datos con los dispositivos DWM1001 – DEV, que tiene la función de servir como ancla, tag o gateway. El proceso para obtener datos con este dispositivo se realizó mediante algunos comandos y una conexión directa con un equipo terminal. Estas pruebas permitieron determinar el comportamiento de los dispositivos y la forma en que manejan la información que capturan del medio. A partir de las pruebas realizadas, se pudo obtener la información necesaria, que fue entregada al sistema, donde se procesó la misma y se definieron las actuaciones a seguir. Este proceso se hizo con seis (6) dispositivos, tres de ellos (DWM1001 DEV) y un (DWM1001), los primeros se programaron como anclas y los dos restantes como tag. Por otra parte, las pruebas de concepto se hicieron en el laboratorio de la UNAD. Estas pruebas utilizaron: cuatro anclas, en línea de vista, H=1,80 metros, donde las antenas se polarizan de forma vertical, haciendo que el patrón de radiación sea omnidireccional. Pero que, si bien la cobertura es amplia, existen sitios donde la cobertura es menor. Teniendo en cuenta lo anterior, el espacio de prueba fue un salón sin obstrucciones por encima de 1,5 metros, donde las anclas tienen línea de vista entre ellas y facilita la captura de datos. Otra prueba realizada en el laboratorio de la UNAD, utilizó la plataforma POZYX, que tiene los mismos dispositivos DWM1001

DEV (Figura 1), trabajando con cuatro anclas para obtener un posicionamiento 3D y dos tag, como elementos para hacer el seguimiento respectivo, en la figura 2 se puede observar la disposición de las anclas y los tag utilizados.



Figura 1. Dispositivos Pozyx



Figura 2. Anclas y tag

### 3. Discusión

A partir de las pruebas realizadas se obtuvieron diferentes resultados, los cuales se enfocaron en analizar el funcionamiento de los dispositivos seleccionados, la forma de operación del método que utiliza la tecnología y el grado de precisión que ofrecen las plataformas para SPI. Dado que estos elementos son la base para el sistema que se busca implementar en atención y cuidado a personas mayores. La intención de este ejercicio investigativo fue determinar la precisión con la que un sistema IPS con tecnología UWB permite ubicar a una persona u objeto. Encontrándose que inicialmente en un ambiente menos controlado, con los sensores de DECAWE y utilizando la plataforma Arduino, los errores de precisión estuvieron entre 70 y 150 cm., respecto a la ubicación real del tag. Por otro lado, con las pruebas realizadas con la plataforma POZYX, que también trabaja con sensores de DECAWE, pero bajo una plataforma más controlada y un software propio de gestión, los resultados fueron más satisfactorios que los encontrados inicialmente, puesto que el error de precisión bajo de 10 a 15 cms, con respecto a la posición real del tag.

### 4. Conclusiones

Se ha realizado un estudio de referentes de implementación de IPS, hay trabajos en desarrollo similares al propuesto y otros completamente distintos, la novedad del proyecto que ha obligado a la revisión del

funcionamiento de IPS con UWB, radica en la población que se busca atender y la forma en que se propone cuidar, apoyada en el uso de herramientas wearables y herramientas IoT. La tecnología y los algoritmos que se utilicen para determinar la precisión del objeto a localizar son elementos fundamentales en un IPS, no todos los algoritmos funcionan igual con todas las tecnologías y no todas las tecnologías garantizan el máximo grado de precisión en el momento de determinar la ubicación de una persona u objeto en un espacio interior, por ello la combinación de tecnología y método son elementos que se deben tener en cuenta a la hora de desarrollar e implementar IPS.

## Referencias

- Dempsey, M. (2003). Indoor Positioning Systems in Healthcare, Radianse Inc. White Paper.
- Güvenc, I. & Chong, C. (2009). A Survey on TOA Based Wireless Localization and NLOS Mitigation Techniques. *IEEE communications surveys & tutorials*, 11(3), third quarter. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5208736>
- Hightower J. & Borriello, G. (2001). Location systems for ubiquitous computing. *Computer*, 34(8), Working Papers ECBTJ, 57-66. <https://ieeexplore.ieee.org/document/940014>
- Martínez, O. (2013). Localización Indoor Multimodal. (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33038/Memoria\\_Martinez\\_Oswaldo.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33038/Memoria_Martinez_Oswaldo.pdf)
- Mathisen, A., Sørensen, S.K., Stisen, A., Blunck, H. & Grønbæk, K. (2017). A Study on the Impact of Indoor Positioning Performance on Activity Recognition Applications. In *Proceedings of the 14th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services*, (pp. 58-67). New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/3144457.3144501>
- Núñez Patiño, S. (2009). Estudio de técnicas de mapeo para localización en interiores mediante redes de sensores con tecnología UWB. (Tesis de grado). Universidad de Sevilla, Sevilla.