

UJAmI Location: A Fuzzy Indoor Location System for the Elderly

1º Antonio-Pedro Albín-Rodríguez
Consejería de Educación y Deporte
Junta de Andalucía
Jaén, España
ORCID: 0000-0003-3447-2260

2º Yolanda María De-La-Fuente-Robles
Departamento de Trabajo social
Universidad de Jaén
Jaén, España
ORCID: 0000-0002-2643-0100

3º José-Luis López-Ruiz
Departamento de Informática
Universidad de Jaén
Jaén, España
ORCID: 0000-0003-2583-8638

4ª Ángeles Verdejo-Espinosa
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Jaén
Jaén, España
ORCID: 0000-0002-7998-553X

5ª Macarena Espinilla Estévez
Departamento de Informática
Universidad de Jaén
Jaén, España
ORCID: 0000-0003-1118-7782

Abstract—En este trabajo se resume la propuesta titulada “UJAmI Location: A Fuzzy Indoor Location System for the Elderly” que presenta una metodología de localización difusa en interiores basada en el uso de términos lingüísticos difusos y ventanas temporales difusas para gestionar las fluctuaciones de las balizas BLE y la señal recibida por un dispositivo vestible o móvil. La metodología propuesta es validada a través de un caso de estudio, obteniendo una precisión mayor del 90% y superando en 10 puntos al procesamiento no difuso. Finalmente, es presentado el sistema de localización de interiores denominado UJAmI Location que integra dicha metodología.

Index Terms—BLE balizas, Lógica difusa, RSSI, Sistemas de posicionamiento en interiores

I. INTRODUCCIÓN

El seguimiento de las áreas que visita una persona en su hogar o en una residencia de personas mayores puede arrojar información clave para comprender y monitorizar comportamientos relacionados con la salud como son las rutinas de sueño, la velocidad de la marcha, un comportamiento sedentario, la realización de actividades de la vida diaria o la detección de caídas.

Los sistemas de localización en interiores son una herramienta clave para la monitorización de dichos comportamientos. Se han propuesto múltiples enfoques o modelos que proporcionan metodologías basadas en diferentes tecnologías para localizar personas dentro de espacios cerrados.

En el contexto de localización, es muy común el uso de la banda ultra ancha, Bluetooth de bajo consumo (*Bluetooth Low Energy*, BLE) combinado con un dispositivo que disponga de este tipo de conexión (dispositivos móviles o dispositivos vestibles) o incluso la identificación por radiofrecuencia.

Este trabajo ha sido parcialmente soportado por REMIND project Marie Skłodowska-Curie EU Framework for Research and Innovation Horizon 516 2020, under grant agreement no. 734355, el Gobierno de España por el proyecto RTI2018-098979-A-I00 MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/, FEDER “Una manera de hacer Europa” y la Universidad de Jaén bajo la Acción 1 con referencia EL_TIC1_2021.

Entre las tecnologías más utilizadas destaca el uso de transmisores o balizas BLE para la localización en interiores debido a que estos dispositivos son ampliamente utilizados por su excelente rendimiento en términos de batería, pequeño tamaño, peso ligero, alta precisión para la localización y, finalmente, por ser fácilmente desplegables a un bajo coste.

Uno de los principales retos de los sistemas de localización en interiores es lidiar con la incertidumbre inherente a las tecnologías aplicadas en estos sistemas debido a problemas de calibración, pérdida de datos, obstáculos en interiores o limitaciones en el consumo de la batería. Además, existe una brecha importante entre el número de propuestas teóricas en la literatura sobre este tipo de sistemas y las que se desarrollan en sistemas reales para aplicaciones de la vida real.

En este contexto, la propuesta titulada “UJAmI Location: A Fuzzy Indoor Location System for the Elderly” [1] presenta un sistema inteligente de localización en interiores para personas mayores que supera las limitaciones de las actuales soluciones con el uso de dispositivos vestibles con sensores BLE y balizas BLE distribuidos en el ambiente, recogiendo información de proximidad, la cual es procesada de manera inteligente a través de descripciones lingüísticas difusas.

Para ello, este resumen se estructura del siguiente modo: en la Sección II se presenta la metodología de localización difusa en interiores con reseñas sobre la evaluación realizada. La Sección III resume los resultados de evaluación de la metodología. La Sección IV presenta el sistema de localización de interiores que integra dicha metodología. Finalmente, se incluyen las conclusiones en la Sección V.

II. METODOLOGÍA DE LOCALIZACIÓN DIFUSA

La metodología propone, por un lado, un marco teórico y, por otro lado, el procesamiento inteligente para obtener la localización en interiores a través de lógica difusa.

En el marco teórico se define el espacio cerrado y las áreas que se monitorizan, el conjunto de balizas BLE que son ubicadas en cada área, el dispositivo vestible/móvil que lleva cada persona dentro del ambiente y, finalmente, los términos lingüísticos y las ventanas temporales donde se procesará inteligentemente la localización.

Las balizas BLE emiten una señal de fuerza, la cual es leída por el dispositivo que lleva la persona. En concreto, el dispositivo lee el indicador de fuerza de la señal recibida (*Received Signal Strength Indicator*, RSSI) de cada una de las balizas BLE que hay en el ambiente.

El procesamiento inteligente es llevado a cabo a través de operadores de agregación difusos que agregan los flujos de datos de RSSI de cada una de las balizas utilizando ventanas temporales y discriminando por áreas donde se sitúan cada una de las balizas.

III. EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología se ha evaluado a través de un conjunto de datos generados en el apartamento de inteligencia ambiental de la Universidad de Jaén. En concreto, se ha utilizado el conjunto de datos de la Copa UCAmI para obtener patrones de localización. El conjunto de datos fue generado por una persona durante un periodo de 10 días, obteniendo datos de cuatro fuentes heterogéneas, entre ellas, la información de RSSI entre un dispositivo móvil y 15 balizas BLE colocadas en varios objetos del laboratorio inteligente. Para el procesamiento inteligente se ha definido el concepto de proximidad a través de una función difusa con valores de RSSI entre -95 dBm y -85 dBm (Figura 1) y una ventana temporal con valores entre 3 y 5 segundos (Figura 2).

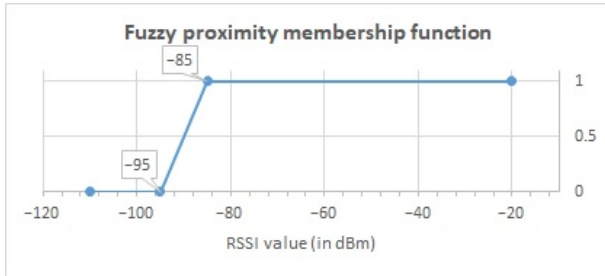


Fig. 1. Representación del término lingüístico proximidad

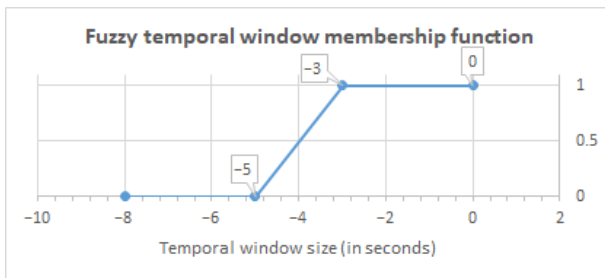


Fig. 2. Representación difusa de la ventana temporal

Para realizar una comparación entre la metodología que utiliza la lógica difusa y la que no la utiliza, se han comparado las fluctuaciones entre áreas, obteniendo la metodología propuesta una precisión del 91,63%, aproximadamente 10 puntos más que la metodología sin utilizar la lógica difusa. Los resultados obtenidos se ilustran en la Tabla I

TABLE I
TABLE TYPE STYLES

Time of Day	Fuzzy Accuracy	Non-Fuzzy Accuracy
Morning	88.13%	75.80%
Afternoon	92.11%	79.30%
Evening	93.36%	92.48%
Full-day	91.63%	81.12%

IV. SISTEMA INTELIGENTE DE LOCALIZACIÓN EN INTERIORES

La metodología es integrada en un sistema inteligente de localización en interiores, basado en la metodología propuesta, se denominada “UJAmI Location”. Dicho sistema ha consistido en una aplicación desarrollada para dispositivos vestibles/móviles con el sistema operativo Android que reconoce balizas BLE dentro de un espacio delimitado y envía la información al servidor, así como un sistema web que procesa la información y gestiona los datos de localización, tanto en tiempo real como a lo largo del tiempo.

El sistema inteligente desarrolla la funcionalidad completa que permite definir todos los elementos necesarios como los datos básicos de identificación (dirección, información de contacto, mapa de localización, etc.), así como las diferentes zonas o áreas en las que se divide el ambiente, la ubicación de las balizas y las personas mayores dentro del espacio con sus dispositivos asignados.

V. CONCLUSIONES

Los datos RSSI generados por dispositivos con BLE a través de balizas pueden ser procesados inteligentemente con computación suave para obtener la localización en interiores. Así, tanto los términos difusos de proximidad con valores de RSSI entre -95 dBm y -85 dBm, como los términos difusos temporales con valores entre 3 y 5 segundos, son adecuados para obtener la localización en interiores.

El procesamiento difuso obtiene una precisión mayor del 90% en el caso de estudio llevado a cabo, superando en 10 puntos al procesamiento no difuso. El sistema inteligente proporciona información útil sobre dónde han estado o están los habitantes en tiempo real, cuánto tiempo llevan allí y las zonas más frecuentadas del espacio.

REFERENCES

- [1] Albín-Rodríguez, A.P., Fuente-Robles, Y.M., López-Ruiz, J.L., Verdejo-Espinosa, M.A. and Espinilla, M. (2021). UJAmI Location: A Fuzzy Indoor Location System for the Elderly. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8326.