

# Antena de alta eficiencia para localización en entornos hospitalarios

Marc Casanova-Murillo<sup>(1) (2)</sup>, Marta Cabedo-Fabrés<sup>(1)</sup>, Jose F. Hernández-Cuartero<sup>(2)</sup>, Eduardo Montón-Sánchez<sup>(2)</sup>.

marcamu1@teleco.upv.es, marcafab@dcom.upv.es, jhernandez@mysphera.com, emonton@mysphera.com

<sup>(1)</sup> Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (ITEAM). Universitat Politècnica de València, Valencia-España

<sup>(2)</sup> MYSPHERA S.L. Parque tecnológico de Valencia, Paterna-Valencia-España

**Abstract-** In this paper, an omni-directional antenna solution is presented to improve the accuracy of indoor location systems, particularly MYSPHERA Bluetooth Real-Time Locating System (RTLS). Emitting antennas with an irregular radiation pattern are not suitable for existing localization techniques due to received signal strength variation in the locators. The approach to an isotropic radiation pattern in the emitting device is what is achieved with presented design using two time-switched antennas with opposing radiation patterns. This solution allows to receive a uniform signal in the locators and increases precision for any technique, frequency or technology used. For MYSPHERA this means more reliability, allowing better processes optimization and increasing efficiency in hospitals.

**Index Terms** Printed antenna, IFA, RTLS, Indoor location, omni-directional, time-switching, RSSI, Bluetooth, IoT, Wearables, Small antennas

## I. INTRODUCCIÓN

MYSPHERA es una compañía cuyo sistema se basa en una plataforma IoT (Internet of Things) con tecnología Bluetooth Low Energy que implementa un RTLS (Sistema de Localización en Tiempo Real) con el objetivo de aumentar la eficiencia en los hospitales. Funciona a través de dispositivos emisores en formato pulsera que permiten localizar a los pacientes durante su estancia, a través de unos localizadores (receptores) instalados normalmente en el techo, para medir y automatizar los procesos sanitarios. A través de pantallas táctiles o sus propios teléfonos, el personal sanitario dispone de la información necesaria y específica para su rol en todo momento permitiendo así una identificación segura, localización y trazabilidad de personas y equipamiento, información a familiares, visualización en cuadros de mando y análisis de datos (ocupación, tiempos, planificación, etc.). Además, el sistema lanza tareas de forma automática cuando ocurren ciertos eventos. Por ejemplo, el personal de servicios sanitarios recibirá una tarea de traslado o preparación del quirófano cuando se notifique que un o una paciente ha finalizado la fase de preparación para una intervención.

De esta forma, se crean soluciones personalizadas para cada unidad (quirófanos, urgencias, equipamiento, trazado de contactos), aumentando la seguridad y la eficiencia y reduciendo los costes en el hospital.



Fig. 1. Diagrama del sistema MYSPHERA

Atendiendo al reporte de HIMSS 2013 [1], cada 1% por debajo del 85% de tasa de ocupación de un bloque quirúrgico supone un coste entre 7.500€ y 12.000€ por quirófano al año. Antes del uso del sistema de MYSPHERA, un hospital reportó un rendimiento quirúrgico del 48% y después del despliegue se optimizó hasta llegar al 69%, lo que supone un ahorro medio de 194.000€ por quirófano al año. El centro ahorró más de dos millones de euros en doce meses. También se redujeron en un 10% las complicaciones quirúrgicas. Por otra parte, en lo referente al equipamiento médico, un hospital utilizaba 600 bombas intravenosas y al instalar MYSPHERA redujo el *stock* a 530, lo que supuso un ahorro de 192.500€.

Los datos anteriores remarcan la importancia del buen funcionamiento del sistema de localización, que junto al software pertinente, forman la base de la solución que da valor al cliente. Así pues, atendiendo a la precisión y fiabilidad de dicho sistema, lo que se traduce técnicamente en una señal de radiofrecuencia estable y potente, se precisa de unos dispositivos que incluyan antenas específicas y de altas prestaciones.

## II. PROBLEMÁTICA

En la actualidad, los dispositivos portables (*wearables*) basados en tecnologías de radiofrecuencia como Bluetooth tienden a ser cada vez más pequeños y a consumir menor energía. La reducción de tamaño del dispositivo, y por lo tanto de la placa de circuito impreso tiene una implicación directa con la antena o antenas utilizadas para su comunicación inalámbrica. Además, estos dispositivos suelen

ir embebidos en una carcasa y colocados junto al cuerpo humano.

Todos los factores mencionados anteriormente afectan a las prestaciones de los elementos radiantes, por tanto, hay que tenerlos en cuenta a la hora de diseñar y seleccionar el tipo de antena a utilizar: distancia al cuerpo humano, margen entre electrónica y carcasa, tipo y dimensiones de batería, elementos metálicos cercanos, espacio disponible, etcétera. [2] [3]

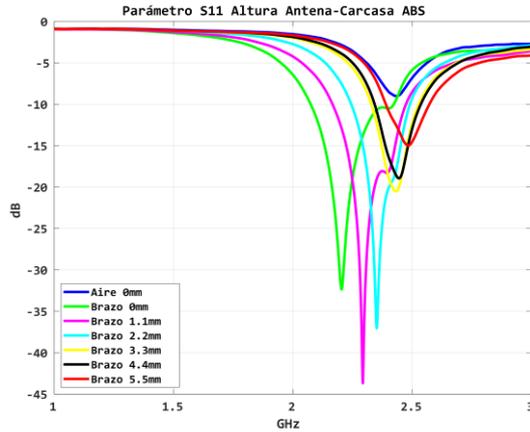


Fig. 2. Afectación del parámetro S11 de la antena del emisor de MYSOPHERA derivada de la distancia con el cuerpo humano.

Existen multitud de diseños y tipologías de antenas que se adecúan al reto propuesto: tipo parche [4], dobladas [5], tipo ranura [6], no resonantes [7], IFA (*Inverted F-Antenna*), PIFA (*Planar Inverted F-Antenna*), resonadores dieléctricos [8], magneto-dieléctricos [9], etcétera [10]. Todas las soluciones disponibles se centran normalmente en la eficiencia (factor Q) o en el ancho de banda, y descuidan en cierta manera la uniformidad del diagrama de radiación en lo que a dirección espacial se refiere, ya que, la aparición de nulos es crítica en la aplicación de localización que se trata en este documento. Aun así, MYSOPHERA apostó por este tipo de antenas en sus diseños anteriores, en concreto una antena tipo PIFA serpenteante, debido a la ausencia de soluciones, y compensó dichas deficiencias mediante un algoritmo complejo que considera las distintas muestras recibidas a lo largo del tiempo.

Finalmente, la precisión máxima obtenida fue a nivel de estancia o habitación, conocida en el mundo de la localización de interiores como *room-level*.

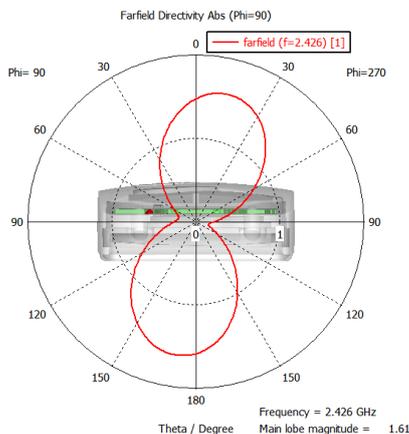


Fig. 3. Diagrama de radiación del emisor anterior de MYSOPHERA

### III. DISEÑO DE LA ANTENA

La solución reside en la implementación de un dispositivo emisor con una radiación omnidireccional transcurrido un tiempo  $t$  (no simultánea). Así, la señal llegará de manera uniforme al receptor tras pocos segundos y permitirá al sistema alcanzar una precisión superior a nivel de cama, conocida como *bed-level*.

#### A. Geometría de la antena

La disposición propuesta comprende dos elementos de antena dispuestos en posición ortogonal sobre la placa de circuito impreso donde también se ubica, como componente electrónico, un conmutador de radiofrecuencia controlado por la misma unidad lógica que alimenta a ambos elementos radiantes.

Cada elemento es una antena tipo PIFA con un trazo serpenteante (*meandering*) para reducir la longitud de los mismos. Los diagramas de radiación de las dos antenas son complementarios, tal como dos toroides de sección circular o *donuts* girados  $90^\circ$  entre sí, consiguiendo así una transmisión uniforme en todas las direcciones del espacio.

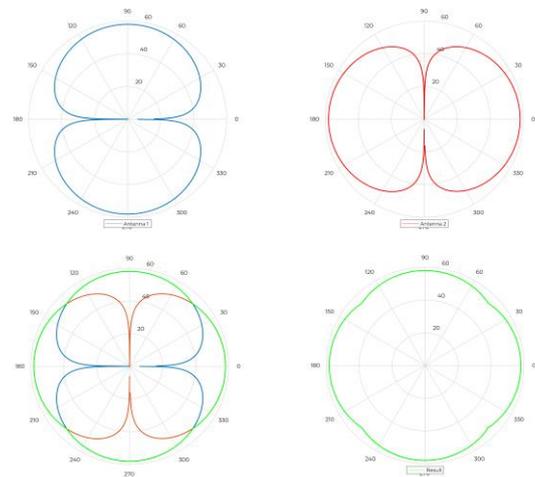


Fig. 4. Secuencia de diagramas de radiación. Diagrama resultante (verde) derivado de la contribución de antena 1 (azul) y antena 2 (rojo).

Además, a cada antena se le ajusta individualmente la longitud del último tramo y la posición del punto de alimentación para sintonizarlas de manera idéntica, ya que cada una queda ubicada en una posición distinta de la placa de circuito impreso, y, por lo tanto, la distancia a la carcasa, batería y cuerpo humano pueden ser diferentes.

#### B. Funcionamiento

El conmutador de radiofrecuencia ejecuta una determinada regla periódica para seleccionar alternativamente y de manera individual la primera y segunda antena para emitir la señal con características de radiación distintas. De esta forma, la primera antena rellena con sus máximos de radiación los nulos de la otra antena, y viceversa.

Así pues, mediante una multiplexación temporal en el diagrama de radiación, donde cada uno de los elementos de antena funciona como una antena independiente, transmitiendo señales de radiofrecuencia idénticas pero

desfasadas un tiempo  $t$ , sin solapamientos, se consigue emisión omnidireccional y una recepción uniforme cada  $t$  segundos (tiempo entre tramas Bluetooth emitidas). De lo anterior se deduce que el sistema se considera ‘omnidireccional en tiempo’ aunque cada antena por separado no lo sea, ya que el fenómeno que se produce transcurrido  $t$  es periódico y no existen ajustes dinámicos.

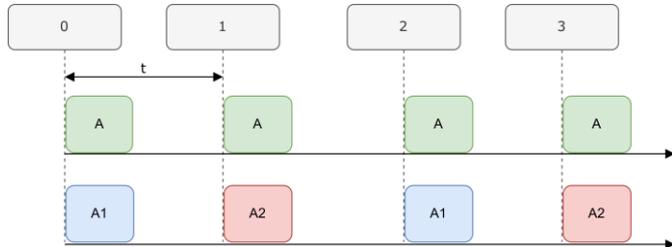


Fig. 5. Diagrama temporal comparativo entre emisiones con una antena (verde) frente a emisiones con solución descrita de doble antena (azul y rojo)

#### IV. CONCLUSIONES

La solución propuesta mejora las prestaciones de radiación de un dispositivo emisor mediante un diseño de antena ‘omnidireccional en tiempo’ aplicado a sistemas de localización para entornos hospitalarios.

Mejorando dichas prestaciones se consigue una mayor precisión al posicionar cualquier elemento o persona que porte el dispositivo, lo que se traduce en una mayor eficiencia del sistema, y, por lo tanto, en un aumento considerable del ahorro económico y rendimiento del hospital.

TABLA I  
RESUMEN DE MEJORAS OBTENIDAS EN CLIENTE

| Rendimiento | Ahorro Económico | Costes Dispositivos | Fiabilidad Sistema |
|-------------|------------------|---------------------|--------------------|
| ↑           | ↑                | =                   | ↑                  |

MYSOPHERA ha incorporado esta solución al mercado, lo que significa que miles de dispositivos en formato pulsera están funcionando actualmente en distintos hospitales con las mejoras presentadas en este documento. Esto ha permitido contrastar las expectativas que se tenían al afrontar este diseño, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo, y permite afirmar que la solución propuesta mejora sustancialmente la precisión del sistema reduciendo fallos puntuales en la localización, disminuyendo el retardo del cálculo de la posición y agilizando el despliegue y ajuste del sistema. Además, con ello se evitan desarrollos extra para la compensación de deficiencias de las antenas comunes y no afecta al consumo energético, un parámetro clave en cualquier rediseño sobre dispositivos portables. También cabe destacar el hecho de que sean antenas impresas y se ajusten a la superficie disponible en la placa de circuito, ya que se evita el diseño de nuevos moldes para el uso de otra carcasa plástica y no encarece los costes de producción de la propia electrónica.

TABLA II  
RESUMEN DE MEJORAS OBTENIDAS EN PRODUCTO

| Coste del Despliegue | Precisión Localización | Costes Producción | Duración Batería |
|----------------------|------------------------|-------------------|------------------|
| ↓                    | ↑                      | =                 | =                |

#### AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo ha sido posible gracias al Grupo de Radiación Electromagnética de la Universitat Politècnica de València y a la empresa MYSPHERA, quienes han colaborado activamente compartiendo el conocimiento y la prestación de los medios necesarios.

#### REFERENCIAS

- [1] HIMSS, "Experiences and Metrics for Calculating Return on Investment", *Healthcare Information and Management Systems Society*, Chicago, Illinois, United States, 2013.
- [2] Texas Instruments, "Small Size 2.4 GHz PCB Antenna", Texas Instruments, Dallas, Texas, United States, SWRA117D, 2008.
- [3] Ming-An Chung and Chang-Fa Yang, "Built-in antenna design for 2.4 GHz ISM band and GPS operations in a wrist-worn wireless communication device", *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 10, pp. 1285-1291, 2016.
- [4] F. A. Asadallah, J. Costantine, Y. Tawk, L. Lizzi, F. Ferrero and C. G. Christodoulou, "A digitally tuned reconfigurable patch antenna for IoT devices" in *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, pp. 917-918, 2017.
- [5] J. Yeh, W. Liao and S. Chang, "Compact Internal Antenna for Handheld Devices With Comprehensive DTV Band Coverage" in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 62, no. 8, pp. 3998-4007, Aug. 2014.
- [6] N. M. Mohamed-Hicho, E. Antonino-Daviu, M. Cabedo-Fabrés and M. Ferrando-Bataller, "Characteristic modes in slot antennas etched in a finite ground plane" in *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI)*, pp. 7-8, 2016.
- [7] Y. Chen, R. Martens, R. Valkonen and D. Manteuffel, "A varactor-based tunable matching network for a non-resonant mobile terminal antenna" in *The 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2014)*, pp. 1877-1881, 2014.
- [8] L. Huitema, M. Koubeissi, M. Mouhamadou, E. Arnaud, C. Decroze and T. Monediere, "Compact and Multiband Dielectric Resonator Antenna With Pattern Diversity for Multistandard Mobile Handheld Devices," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 59, no. 11, pp. 4201-4208, Nov. 2011.
- [9] F. Ferrero, A. Chevalier, J. M. Ribero, R. Staraj, J. L. Mattei and Y. Queffelec, "A New Magneto-Dielectric Material Loaded, Tunable UHF Antenna for Handheld Devices," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 10, pp. 951-954, 2011.
- [10] L. Lizzi, "From passive to active miniature antennas", *class notes for Antennas and Rectennas for IoT Applications (ARIA)*, ES0A PhD School, Université Côte d'Azur, Nice, France, Nov. 2019.