contenido

# contenido

# Sistema de seguimiento de activos en interiores

Marcos E. BIERZYCHUDEK Docente - Ingeniería en Electrónica - DCAyT (UNM) marcos.bierzychudek@gmail.com

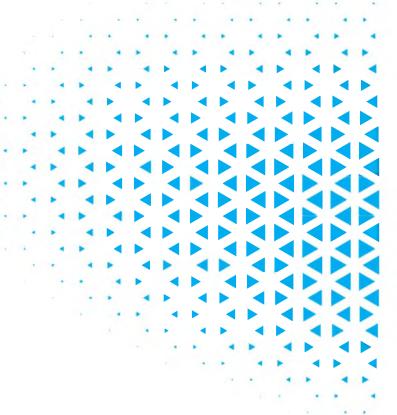
Martín MUSUMANO Auxiliar Estudiante del DCAyT (UNM) martinmusumano@gmail.com



En este trabajo se presenta un sistema para el seguimiento de activos en interiores basado en balizas de Bluetooth Low Energy (BLE) y una red LoRaWAN. Los activos son asociados a las balizas que emiten un mensaje de manera constante. Este mensaje es recibido por nodos BLE-LoRaWAN que reenvían la identificación de la baliza y su potencia de recepción mediante LoRaWAN, con estos datos es posible estimar la posición de la baliza. El mensaje llega a un servidor de red en el cual se integra un broker MQTT. Un software de aplicaciones toma los datos, los procesa, los registra y los presenta al usuario indicando una posición estimada del activo en tiempo real. A partir de este sistema se plantean dos aplicaciones industriales.

## Introducción

El protocolo Bluetooth Low Energy (BLE) [1] es una tecnología inalámbrica de bajo consumo y económica que permite comunicar dispositivos cercanos. BLE opera en la banda de 2,4000 GHz a 2,4835 GHz y con una separación entre canales de 2 MHz. La velocidad de transmisión de datos es de 1 Mbit/s con una potencia de transmisión máxima de 10 mW y la distancia de comunicación es menor a 100 m. Cada dispositivo BLE está identificado con un número de dirección único, denominado MAC y definido en estándar IEEE 802.15. El mismo es incluido en los mensajes que transmite el dispositivo para que el receptor pueda reconocer el emisor. El receptor BLE mide la potencia recibida, denominada RSSI (received signal strength indicator), que depende de la potencia de transmisión, de la distancia y del contexto. Un caso especial de dispositivo BLE son las balizas, elementos programados para emitir de manera periódica y permanente un mensaje de identificación que incluye su dirección MAC. Por lo tanto, un elemento que escucha estos mensajes puede estimar la distancia hacia la baliza a partir del RSSI y la potencia de recepción. La información que se debe registrar y almacenar para estimar las posiciones son el número de identificación de ambos dispositivos, el instante de tiempo y el RSSI.



LoRaWAN [2] es una especificación de protocolo de comunicación y arquitectura de redes LPWAN (Low Power Wide Area Network) que permite la comunicación en largas distancias con poca energía y mediante hardware de tamaño reducido. Estas redes son ideales para aplicaciones de Internet de las cosas (IoT), telemetría, y posicionamiento en zonas urbanas o rurales. La técnica de comunicación LoRa (Long Range) define la parte física de la comunicación y utiliza modulación de espectro ensanchado que brinda un gran rechazo a interferencias. La desventaja de esta técnica es que permite bajas tasas de transferencia, pero esto no es un limitante en muchas aplicaciones. La red se implementa instalando gateways que reciben los mensajes LoRaWAN provenientes de nodos y los reenvían mediante Internet a servidores en la nube. Los nodos se identifican mediante un indicador único denominado devEUI y el contenido del mensaje puede ser de hasta 256 bytes.

### Sistema de seguimiento de activos

El sistema se forma por balizas BLE móviles que se asocian a un dado activo, nodos BLE- LoRaWAN estáticos, un gateway LoRaWAN, el servidor de red y el software de aplicación, ver figura 1. Las balizas BLE emiten periódicamente una señal con su dirección MAC. Cada nodo BLE-LoRaWAN es instalado en un punto conocido del lugar bajo estudio para detectar las señales de las balizas BLE. El nodo agrupa la información correspondiente a varias balizas en un determinado intervalo de tiempo y envía un paquete mediante su interfaz LoRa, que es recibido por el gateway. Este último reenvía los mensajes al

servidor de red "The Things Network" [3] mediante Ethernet. En el servidor se integra un broker MQTT [4], que es un protocolo de comunicación diseñado para IoT, y liviano desde el punto de vista de programación y recursos. El broker cumple la función de concentrar la información y reenviarla. El software de aplicación corre en una computadora personal que se suscribe al broker para recibir los mensajes registrados. A partir de la intensidad medida, la MAC de la baliza y el devEUI del nodo es posible estimar la distancia relativa entre ambos dispositivos.

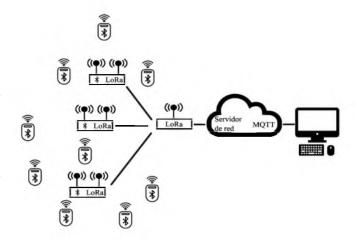


Figura 1: esquema gráfico de la implementación del sistema de seguimiento de activos. La figura presenta de izquierda a derecha las balizas BLE, los nodos BLE-LoRaWAN, el gateway LoRaWAN, el servidor de red con el bróker MQTT integrado y el software de aplicación en la computadora. Cada baliza BLE se asocia a un activo y su posición se presenta al usuario en la computadora.

Estado: Conectado	Iny	rección Bloques 1 🗷	Inyección Bloques 2 🔀			Inyección Alta Presión 🗷		
	Barril 9	22:06:53 < 1m	Barril 39	22:06:49	< 1m	Barril 33	22:06:48	< 1m
Configuración	Barril 12	22:06:53 < 3m	Barril 38	22:06:49	< 1m	Barril 37	22:06:48	< 1m
	Barril 5	22:06:53 < 1m				Barril 34	22:07:37	< 1m
Alarmas								
Modificar Activo								
	Depósito 🗹							
	Barril 47	22:07:59	Barril 7		22:08:04	Barril 2		22:08:23
	Barril 43	22:08:29	Barril 16		22:08:29	Barril 26		22:08:29
	Barril 60	22:08:29	Barril 49		22:08:30	Barril 48		22:08:36
	Barril 53	22:08:36	Barril 42		22:08:36	Barril 57		22:08:36
	Barril 41	22:08:36	Barril 8		22:08:36	Barril 18		22:08:36
	Barril 40	22:08:36	Barril 25		22:08:36	Barril 44		22:08:36
Bloques (9)	Barril 22	22:08:36	Barril 52		22:08:36	Barril 19		22:08:36
	Barril 62	22:08:36	Barril 17		22:08:36	Barril 10		22:08:36
O Inyección (12)	Barril 23	22:08:36	Barril 11		22:08:36	Barril 50		22:08:36
Spray (5)	Barril 51	22:08:36	Barril 20		22:08:36	Barril 13		22:08:36
	Barril 36	22:08:36	Barril 59		22:08:36	Barril 14		22:08:36
O Isocianato (9)	Barril 3	22:08:36	Barril 1		22:08:36	Barril 4		22:08:36
	Barril 58	22:08:36	Barril 56		22:08:36	Barril 24		22:08:36
Adhesivos (15)	Barril 15	22:08:36	Barril 6		22:08:36	Barril 46		22:08:36
(En Depósito)	Barril 61	22:08:36	Barril S4		22:08:36	Barril 45		22:08:36

Figura 2: panel de visualización del software para el seguimiento de activos.

Otra aplicación en desarrollo es el registro de la posición de un activo. En este caso los datos no son visualizados en tiempo real, sino que cada detección es registrada en un archivo para su posterior análisis. Luego de un periodo de tiempo, el usuario puede disponer de esa información para analizar los movimientos del activo y a partir de esto mejorar su uso, tomar decisiones, etc.

Luego, es posible estimar la posición absoluta de cada baliza conociendo la posición de los nodos BLE-LoRaWAN.

Los nodos BLE-LoRaWAN fueron configurados para filtrar las MAC recibidas y eliminar los mensajes repetidos en una dada ventana de observación. Además, se aplica un filtro para eliminar los mensajes con RSSI menor a -80 dB y con protocolos utilizados por los teléfonos celulares u otros dispositivos. Esta configuración permite maximizar las detecciones funcionales y tomar la mayor ventaja posible del tamaño del payload de LoRaWAN. Las pruebas realizadas demuestran que con esta configuración y en presencia de hasta 63 balizas, todas ellas son detectadas por un nodo en al menos una oportunidad y en un intervalo de tiempo conservador de 5 minutos.

La estimación de la distancia nodo-baliza fue estudiada con estos componentes y se encontró que es altamente afectada por objetos conductores ubicados entre ellos. Además se observó, que la repetibilidad entre dispositivos es pobre. Por lo tanto, se marcaron tres zonas de posiciones posibles,

- si el RSSI es mayor a -40 dBm se estima que se encuentre a menos de 1 m,
- si el RSSI está entre el valor previo hasta -60 dBm, se estima que se encuentra a un radio de 3 m,
- y si el valor es menor hasta -80 dBm se asume que se encuentra en un radio de 10 m.

## Aplicación del sistema de seguimiento

La aplicación del sistema de seguimiento en un problema en particular consta principalmente en el tratamiento de los datos. El hardware del sistema y la red LoRaWAN se utilizan por igual con mínimas diferencias. Actualmente se está trabajando en dos aplicaciones, en una de ellas se busca visualizar en tiempo real las materias primas en una línea de producción. El sistema incorpora también alarmas que indican la ubicación incorrecta de los activos. Se presenta en la siguiente figura el panel de visualización, cuatro zonas son definidas según la aplicación y se asigna para cada una, uno o más nodos BLE-LoRAWAN. En el caso de utilizar un único nodo se estima e indica la distancia entre baliza y nodo. Distintos colores se asignan a las distintas materias primas lo que permiten una rápida visualización de la situación. El software permite configurar el tiempo de actualización y la cantidad de mediciones que se utilizan para realizar un promedio móvil. El software es totalmente automático y no requiere la intervención del usuario para su funcionamiento.

### Conclusión

Se presentó un sistema robusto para el seguimiento de activos. En su desarrollo se ha tomado ventaja de las tecnologías modernas de comunicación, en especial de BLE y LoRaWAN. Actualmente se está trabajando en dos aplicaciones industriales que servirán de ejemplo de su potencialidad. Se espera seguir trabajando para establecer un sistema desarrollado integralmente en la universidad que mejore la medición de la posición de las balizas.

### Bibliografía:

- [1] Bluetooth Technology overview, 30 de Diciembre de 2022, https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/.
- [2] LoRa Alliance, 30 de diciembre de 2022, https://lora-alliance.org/.
- [3] The Things Network, 30 de diciembre de 2022, https://www.thethingsnetwork.org/.
- [4] MQTT: The Standard for IoT Messaging, 30 de diciembre de 2022, https://mqtt.org/-

