

## Tarea 6, Grupo 2 Ejercicio 1-E

### ¿Qué es el Protocolo Bluetooth de Baja Energía (BLE) ? ¿Dónde lo implementaría?

La tecnología Bluetooth existe desde el año 2000. Inicialmente creada para permitir que dos dispositivos intercambien datos de forma inalámbrica sin la necesidad de ningún otro equipo de red intermedio, rápidamente encontró un papel en productos como ratones inalámbricos y kits de manos libres para automóviles. Este último es un producto de audio y el audio demostró ser la aplicación ideal para esta versión original de la tecnología Bluetooth. Siguió siendo así durante muchos años. Esta primera versión de la tecnología Bluetooth, utilizada en los primeros productos Bluetooth, se conoce más formalmente como Bluetooth BR (Basic Rate). Ofrecía una velocidad de datos sin procesar en la capa física de 1 millón de bits por segundo (1 mb/s). Posteriormente, se definió una versión más rápida de la tecnología Bluetooth conocida como Bluetooth BR/EDR (Enhanced Data Rate). Ofrecía una velocidad de datos sin procesar de 2 mb/s, pero aún estaba diseñado para casos de uso que involucraban dos dispositivos que intercambiaban datos directamente entre ellos.

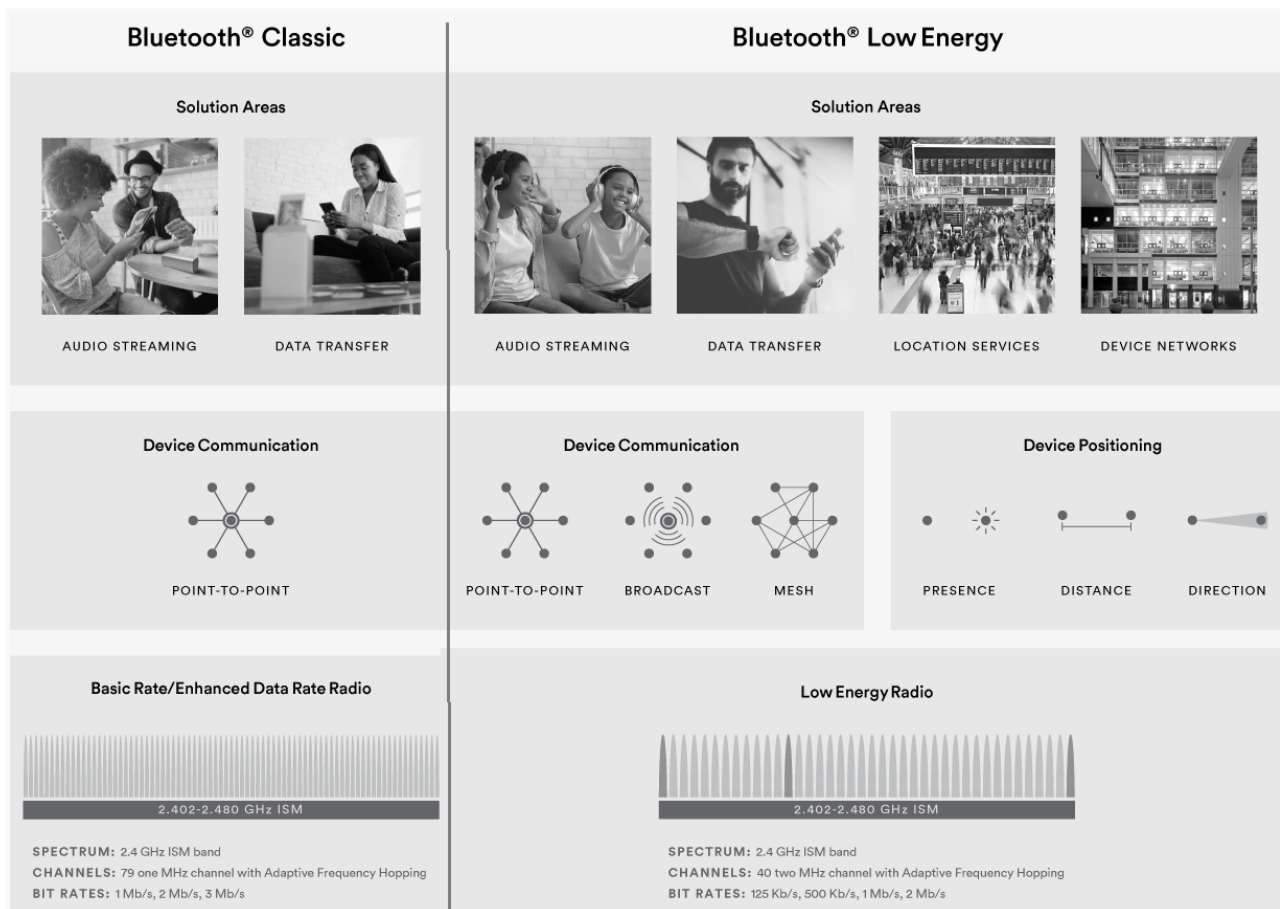
Bluetooth Low Energy (LE) se materializó por primera vez en la versión 4.0 de la especificación básica de Bluetooth<sup>1</sup>. Esta era una nueva versión de la tecnología Bluetooth que, en lugar de reemplazar a su predecesor, Bluetooth BR/EDR, se sentaba a su lado como una alternativa con capacidades y cualidades que la hacían perfecta para una nueva generación de productos y la capacidad de enfrentar nuevos y desafiantes aspectos técnicos y requerimientos funcionales relacionados a su utilización en dispositivos IoT.

Bluetooth LE admite topologías distintas a la comunicación punto a punto entre dos dispositivos con un modo de transmisión que permite que un dispositivo transmita datos a un número ilimitado de receptores simultáneamente. También es la base de las redes de malla Bluetooth, que permiten crear redes de decenas de miles de dispositivos, cada uno de los cuales puede comunicarse con cualquier otro dispositivo de la red. La comunicación uno a uno entre dos dispositivos es compatible tanto con la comunicación orientada a conexión como con la comunicación sin conexión.

A diferencia del Bluetooth clásico, BLE permanece en modo de suspensión constantemente, excepto cuando se inicia una conexión. Los tiempos de conexión reales son solo de unos pocos milisegundos, a diferencia de Bluetooth, que tomaría más de 100 milisegundos. En las redes Bluetooth de baja energía los dispositivos pueden ser centrales o periféricos. Los dispositivos centrales (teléfonos inteligentes, tabletas, computadoras, etc.) tienen mayor capacidad de procesamiento y son responsables de controlar los dispositivos periféricos. Los dispositivos centrales generalmente ejecutan software creado

específicamente para interactuar con dispositivos periféricos. Estos últimos sirven como sensores que recopilan datos y los envían a dispositivos centrales para su procesamiento. La clave del bajo consumo es que no procesan datos, solo lo recogen.

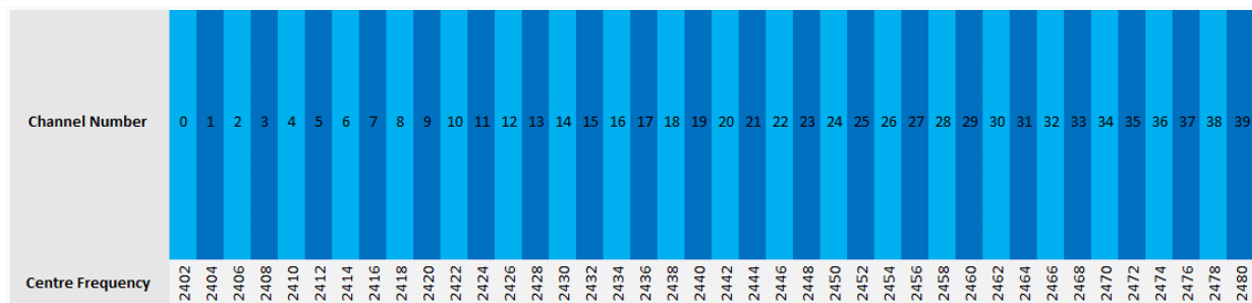
Bluetooth Low Energy está diseñado para proporcionar un bajo consumo de energía a un costo considerablemente reducido, manteniendo un rango de alcance de comunicación similar. Uno de los objetivos de diseño originales de esta nueva variante de tecnología Bluetooth era ser altamente eficiente en el uso de energía. Se previeron dispositivos que funcionaran con baterías pequeñas, del tamaño de una moneda, durante días o semanas o más y ese impulso hacia la eficiencia energética explica muchas de las características definitorias de Bluetooth LE. En particular, el diseño asigna capacidades y responsabilidades asimétricas a los dispositivos, buscando garantizar que los dispositivos con una fuente de energía relativamente abundante, como una gran batería de teléfono inteligente, hagan más trabajo pesado que los dispositivos similares que funcionan con baterías de tipo botón. Esta y otras decisiones de diseño como esta hicieron de Bluetooth LE la tecnología de comunicaciones inalámbricas de bajo consumo que es y la posicionaron para una adopción generalizada en una multitud de tipos de productos en los años siguientes.



## Comparando Bluetooth clásico vs BLE

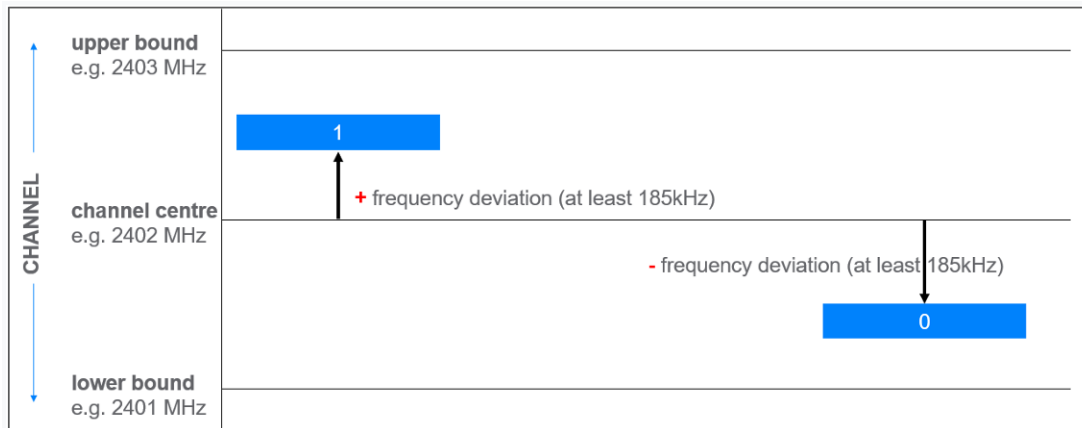
Specifications	Classic Bluetooth	Bluetooth Low Energy ( BLE )
Range	100 m	Greater than 100 m
Data Rate	1-3 Mbps	1 Mbps
Application Throughput	0.7 -2.1 Mbps	0.27 Mbps
Frequency	2.4 GHz	2.4 GHz
Security	56/128-bit	128-bit AES with Counter Mode CBC-MAC
Robustness	Adaptive fast frequency hopping, FEC, fast ASK	24-bit CRC, 32-bit Message Integrity Check
Latency	100 ms	6 ms
Time Lag	100 ms	3 ms
Voice Capable	Yes	No
Network Topology	Star	Star
Power Consumption	1 W	0.01 to 0.5 W
Peak Current Consumption	less than 30 mA	less than 15 mA

Bluetooth LE opera en la banda sin licencia de 2,4 GHz en el rango de 2400 MHz a 2483,5 MHz, que se divide en 40 canales, cada uno con un espaciado de 2 MHz. La forma en que se utilizan los canales está definida por la capa de enlace y la arquitectura de transporte de datos.



Para codificar datos digitales de capas superiores de la pila antes de la transmisión y decodificar las señales de radio recibidas, Bluetooth LE utiliza un esquema de modulación llamado Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK). GFSK funciona tomando una señal con la frecuencia central del canal seleccionado (la portadora) y moviéndola hacia arriba en una cantidad específica para representar un valor digital de 1 o hacia abajo en la misma cantidad para representar un valor binario de 0. El filtrado gaussiano es aplicado a la señal para

reducir el ruido que puede acompañar a cambios bruscos de frecuencia. La siguiente imagen ilustra el proceso básico de manipulación por desplazamiento de frecuencia.



Las principales características de seguridad que incorpora Bluetooth Low Energy son el cifrado de 128 bits y la autenticación. Además, como protocolo de transmisión es más robusto gracias al GFSK, que incluye la corrección de errores.

El protocolo del administrador de seguridad (SMP) es parte del componente del administrador de seguridad de la pila. Admite la ejecución de procedimientos relacionados con la seguridad, como emparejamiento, vinculación y distribución de claves. El componente del administrador de seguridad proporciona una caja de herramientas criptográfica para funciones de seguridad que otras capas pueden usar y define algoritmos de emparejamiento.

## Su utilización en IoT

De manera simplificada, un sistema de Internet de las cosas funciona a través de una conexión entre dos dispositivos (generalmente, a través de un sistema inalámbrico) y con Internet, para comunicarse y compartir datos de estos dispositivos.

A través de su eficiencia energética, BLE se ha convertido rápidamente en una de las principales opciones para las aplicaciones de Internet de las cosas. Los dispositivos que funcionan a través de bluetooth pueden funcionar durante largos períodos sin agotar la batería, transmitiendo datos periódicamente. BLE tiene una duración promedio que varía de 1.5 a 6 años, dependiendo del rango requerido y la frecuencia de emisión de pulso que se haya configurado.

Finalmente, es un protocolo con un bajo costo de implementación: debido a la señal omnidireccional, la estructura física necesaria para la detección de una etiqueta BLE no es muy compleja y fácil de instalar en el entorno.