

Introducción a Bluetooth, BLE & Beacons

por Agustin Bassi 🕒 05 Octubre 2019 📄 `bluetooth` `ble` `bluetooth low energy` `beacon`

Tabla de contenido

[Objetivos](#)

[Bluetooth](#)

[Bluetooth Low Energy](#)

[Bluetooth classic vs Bluetooth Low Energy](#)

[BLE Beacons](#)

[Tipos de Beacons](#)

[Aplicaciones BLE Beacons](#)

[Conclusiones](#)

[Próximos pasos](#)

[Referencias](#)

Objetivos

Los objetivos de este documento son:

- Describir de manera general las tecnologías Bluetooth y Bluetooth Low Energy.
- Mostrar las diferencias entre ambas tecnologías.
- Introducir la tecnología de Beacons basada en Bluetooth Low Energy.
- Mostrar aplicaciones de beacons en el mundo de Internet en las Cosas.

Bluetooth

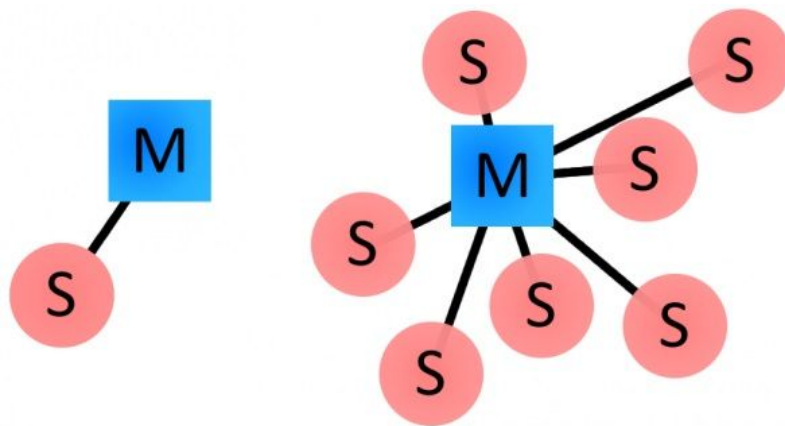
Bluetooth es protocolo de comunicación basado en el standard IEEE 802.15.1 para conectar en forma inalámbrica (y a corta distancia) dispositivos electrónicos para la transmisión de datos. La señal entre dispositivos se envía por radiofrecuencia en la banda de los 2.4 Ghz. Fue diseñado para comunicaciones M2M (Machine to machine) para transmitir gran cantidad de datos, por ejemplo auriculares, teclados, mouses, etc. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.
- Eliminar los cables y conectores entre éstos.
- Crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Una conexión bluetooth suele funcionar en un radio de hasta 100 metros, dependiendo de la clase de dispositivo. Estas clases se representan de la siguiente manera:

- **Clase 1:** Tiene un rango de operación hasta de 100 m, esto implica una potencia de consumo de 100 mW.
- **Clase 2:** Tiene un rango de alcance hasta de 20 m y una potencia promedio de 2.5 mW.
- **Clase 3:** Su rango de operación es menor a 1 m con una potencia promedio de 1 mW.
- **Clase 4:** Tiene un rango de cobertura de hasta 0.5 m y una potencia general de 0.5 mW.

Los dispositivos Bluetooth pueden actuar como Masters o Slaves (Maestros o esclavos). La diferencia entre ellos es que un Slave solo puede conectarse a un master, mientras que un master puede conectarse a varios Slaves, o bien permitir que ellos se conecten entre sí, arbitrando las transferencias de información (hasta un máximo de 7 Slaves). En la siguiente imagen se pueden apreciar los distintos tipos de conexiones.



Cada uno de los dispositivos que se identifican vía Bluetooth, presentan una dirección única de 48 bits (MAC Address) y un nombre de dispositivo. La vinculación entre dos (o más) dispositivos se suele conocer bajo los nombres de pairing, emparejamiento o apareamiento. Cuando se vinculan los dispositivos, se inicia un proceso en el que se identifican por nombre y MAC Address, y se solicitan una clave PIN para autorizar la conexión (PIN: 0000 o 1234 generalmente).

Como se pueden conectar hasta 8 dispositivos de manera simultánea (7 slaves + 1 master), para evitar la interferencia entre los mismos, se utiliza una técnica llamada frecuencia de espectro-ensanchado de salto que hace poco probable que más de un dispositivo transmita en la misma frecuencia al mismo tiempo. Con esta técnica, un dispositivo usa una de 79 frecuencias individuales elegidas al azar dentro del rango designado, cambiando de una a otra siguiendo unas bases regulares.

Bluetooth fue evolucionando sus versiones a lo largo del tiempo. A continuación se describen las principales características de cada una.

- **Bluetooth 1.0 (2002):** Esta fue la primera versión usada para la transmisión de datos. Actualmente se encuentra en desuso. La tasa de transmisión fue de aproximadamente 721 kbps, que para la época era una tasa de datos muy alta, pero existían problemas para vincular dispositivos.
- **Bluetooth 2.0 (2004):** Es compatible con la versión anterior 1.2. La principal diferencia está en la introducción de una tasa de datos mejorada (EDR) para acelerar la velocidad hasta 2 Mbps. EDR utiliza una combinación de modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana(GFSK) y modulación por desplazamiento de fase (PSK). Puede proporcionar un menor consumo de energía.
- **Bluetooth 3.0 (2009):** Se incorporó la características High Speed para transferencia de grandes paquetes de datos utilizando una capa PHY MAC 802.11 (asociada a WiFi). Su tasa de transferencia es de 24 Mbps.
- **Bluetooth 4.0 (2010):** Dentro de esta versión apareció el Bluetooth Low Energy (BLE) el cual está enfocado principalmente para elementos que funcionen con internet de las cosas (IoT). En general Bluetooth 4.0 permite tasas de transferencias desde 25 Mbps hasta 32 Mbps. Debido a que hay dispositivos con la versión 4 que no tiene el protocolo LE, se decidió renombrar esta versión para distinguir los dispositivos compatibles con el protocolo LE:
 - **Bluetooth Smart Ready:** Esta clase de dispositivos vendrían a ser los más completos dentro de la gama Low Energy. Sus características hacen que se asocie este tipo de dispositivos con masters dentro de una comunicación Bluetooth (teléfonos, smartwatches, etc.). Tienen la capacidad comunicarse con dispositivos Bluetooth Smart Ready así como también con dispositivos con Bluetooth clásico.
 - **Bluetooth Smart Device:** Los dispositivos con esta tecnología sólo pueden interactuar sólo con dispositivos Low Energy, ya sea con Bluetooth Smart Ready o mismos Bluetooth Smart Devices. No soporta comunicación con Bluetooth clásico.
- **Bluetooth 5 (2016):** Esta es la última versión de Bluetooth desde finales de 2016. En esta versión se pretende mejorar su funcionalidad para dispositivos IoT por medio de una doble tasa de transferencia de datos y un rango de cobertura cuatro veces mayor con respecto a las versiones 4.1 y 4.2, así como la capacidad de soportar flujos de datos con varios dispositivos simultáneamente.

Bluetooth Low Energy (BLE)

BLE está pensado para aplicaciones en las cuales se debe transmitir una pequeña cantidad de datos con intervalos de tiempo espaciados. Su tasa de transferencia es baja pero su consumo de energía es muy pequeño. Una batería puede durar más de 4 años en estos dispositivos. BLE está diseñado para aplicaciones de bajo consumo. Esto se logra enviando pequeños paquetes de datos de forma poco frecuente. No está diseñado para conexiones continuas y gran cantidad de datos. Cuando se necesita transmitir grandes cantidades de datos conviene utilizar Bluetooth clásico, que mantiene una conexión constante. Existen 2 formas de conectar dispositivos BLE mutuamente “Broadcaster + Observer” ó “Central + Peripheral”.

- **Broadcaster + Observer:** No existe una conexión estándar, el Broadcaster, envía periódicamente señales (advertising packets) que el Observer escucha. El Broadcaster no tiene conocimiento si algún Observer se encuentra escuchando o no.
- **Central + Peripheral:** Más parecido a la conexión bluetooth clásica. En este caso el dispositivo Central (master) encuentra un dispositivo Peripheral (slave) al que desea conectarse, inicia una conexión y asume el rol maestro que gestiona la conexión y temporización.

Bluetooth LE se enfoca en la reducción del consumo minimizando la potencia de transmisión de la señal y el radio de cobertura. Junto con una velocidad de conexión 1 Mbps, conexiones cifradas usando AES de 128 bits y códigos de redundancia para minimizar las transmisiones erróneas, Bluetooth LE se está posicionando como el estándar clave para dar soporte a la nueva ola de wearable devices (dispositivos en la ropa) que se está viendo llegar al mercado (Pulseras inteligentes, detectores de pulsaciones cardíacos, ropas, entre otros).

La sustancial reducción del consumo, y la consiguiente extensión de la autonomía, no solo redunda en una mejora para smartphones o tablets sino que también es importante para el desarrollo de sensores. A modo de ejemplo, un sensor alimentado por una "pila de botón" (por ejemplo las CR 2032) y con soporte Bluetooth LE podría estar encendido durante, años de funcionamiento sin necesidad de reemplazar la batería.

La mayoría de los smartphones y tablets de hoy en día son compatibles con BLE, lo que significa que pueden comunicarse sin problemas con auriculares inalámbricos con Bluetooth, señalización digital, equipos de sonido, rastreadores de ejercicios, relojes inteligentes y dispositivos de hardware como balizas (beacons).

Diferencias entre Bluetooth clásico y BLE

A continuación se describen las principales diferencias entre Bluetooth Clásico y BLE, explicando diferentes aspectos de las soluciones.

- **Consumo de energía:** Los diseñadores de dispositivos pueden usar baterías para alimentar los dispositivos Bluetooth durante varios meses o años. Sin embargo, para el Bluetooth clásico, dado el mayor rendimiento de datos, su consumo de energía puede ser mucho más elevado.
- **Aplicaciones:** Bluetooth clásico es ideal para aplicaciones que requieren transmisión continua de datos, por ejemplo, auriculares. Sin embargo, BLE es adecuado para aplicaciones que funcionan bien con una transferencia periódica de datos y, por lo tanto, reduce una cantidad significativa de uso de la batería. Esto hace que BLE sea adecuado para aplicaciones relacionadas con IoT y marketing de proximidad.
- **Conexiones simultaneas:** BLE puede establecer hasta 20 conexiones simultáneamente. Admite más conexiones simultáneas porque transfiere paquetes de datos pequeños y establece conexiones rápidas. El Bluetooth clásico puede iniciar hasta 7 conexiones simultáneas.

En la siguiente tabla hay una comparativa entre ambas tecnologías.

	Tasa de transferencia	Tiempo de envío	Consumo energía	Casos de uso
Bluetooth clásico	2-3 Mbps	~ 3 ms	~ 30 ma	Casos de uso donde se requiere envío continuo de datos, por ejemplo auriculares
Bluetooth LE	200 Kbps	~ 100 ms	~ 15 ma	Casos de uso donde no se requiere el envío de mucha informacion, por ejemplo campañas de marketing

BLE Beacons

La tecnología beacon salió al mercado en 2013 y, desde entonces, ha ido creciendo en popularidad. Un beacon es un dispositivo basado en tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) que está constantemente emitiendo una señal única. Ésta puede ser recibida e interpretada por otros dispositivos, como smartphones y tablets, que se encuentren a una distancia relativamente corta del beacon.

Extraído de las referencias: *Para hacer una analogía, un beacon sería como un faro situado en la orilla del mar que emite una señal luminosa para que los navegantes la vean e interpreten.*

Existen implementaciones de beacons en tiendas, propiedades inmobiliarias, parques de diversiones, eventos y lugares públicos. Se utilizan para transmitir anuncios y notificaciones relevantes para el contexto. A continuación se muestran algunas imágenes de beacons.

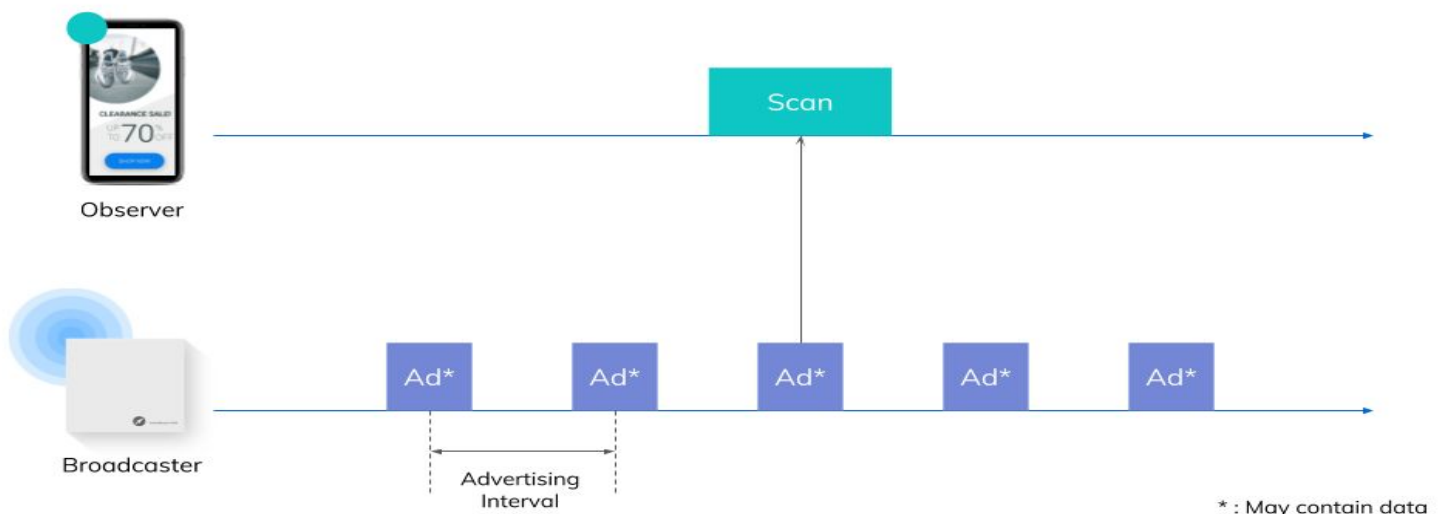


Los beacons son elementos pasivos, es decir, no emiten información sino un identificador que ha de ser interpretado para descubrir la información que contiene. La función del beacon es “despertar” a otros dispositivos que están “escuchando” y para ello han de tener instalada una aplicación específica que reconozca la señal que emiten. Cuando esto pasa se desencadena una acción en la aplicación. La información transmitida incluye un ID de dispositivo y varios bytes que pueden ser utilizados para determinar diferentes variables.

Todos los beacons poseen las siguientes características configurables independientemente del fabricante o el protocolo utilizado:

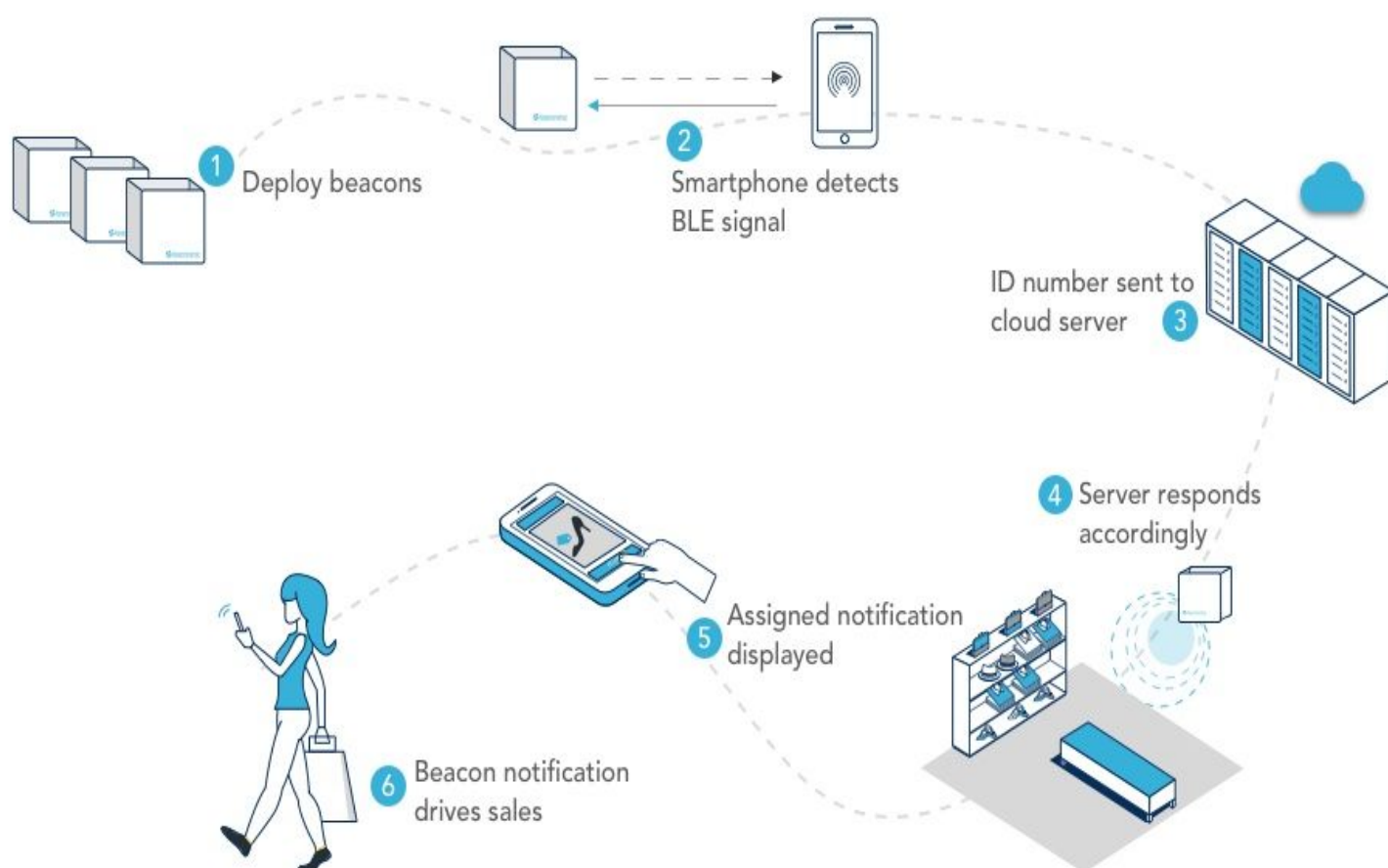
- **Potencia de emisión:** es la potencia con la que los beacons transmiten su señal de identificación. Cuanto más grande sea esta potencia, más batería consumirá el beacon.
- **Intervalo de emisión:** este valor define la frecuencia con la que un beacon emite su señal de identificación. Cuanto más corto sea este intervalo, más energía consumirá el beacon. Es importante encontrar un tiempo adecuado para el intervalo, ya que el dispositivo receptor tendría más dificultades para detectar el beacon en casos donde el intervalo sea muy prolongado.

En la siguiente figura, se muestra cómo un beacon es detectado por un smartphone con una aplicación instalada.



Para entender para qué son útiles los beacons, se mostrará un ejemplo de implementación en una cafetería. En este caso, el usuario ya tiene instalada una aplicación en su smartphone capaz de scanear beacons.

1. Los beacons son desplegados en la entrada de una cafetería.
2. Los beacons transmiten señales con su identificación dentro de su rango de cobertura.
3. La aplicación en el smartphone del cliente lee la identificación de los beacons cercanos.
4. Luego de leer los beacons cercanos, la aplicación envía el número de identificación del beacon más próximo (para saber esto, se lee la intensidad de la señal recibida) a un servidor en la nube.
5. El servidor responde con la acción vinculada al ID del beacon. Podría ser una notificación que en el smartphone que presente un nuevo café, ofertas de combo, un video o un formulario de comentarios.
6. Estas notificaciones llevan automáticamente a los clientes a la acción designada por el servidor, lo que hace muy conveniente el marketing orientado (targetizado).



Tipos de Beacons

Alrededor de la tecnología de beacons hay diferentes protocolos desarrollados por distintos fabricantes. A continuación se describen cada uno de ellos.

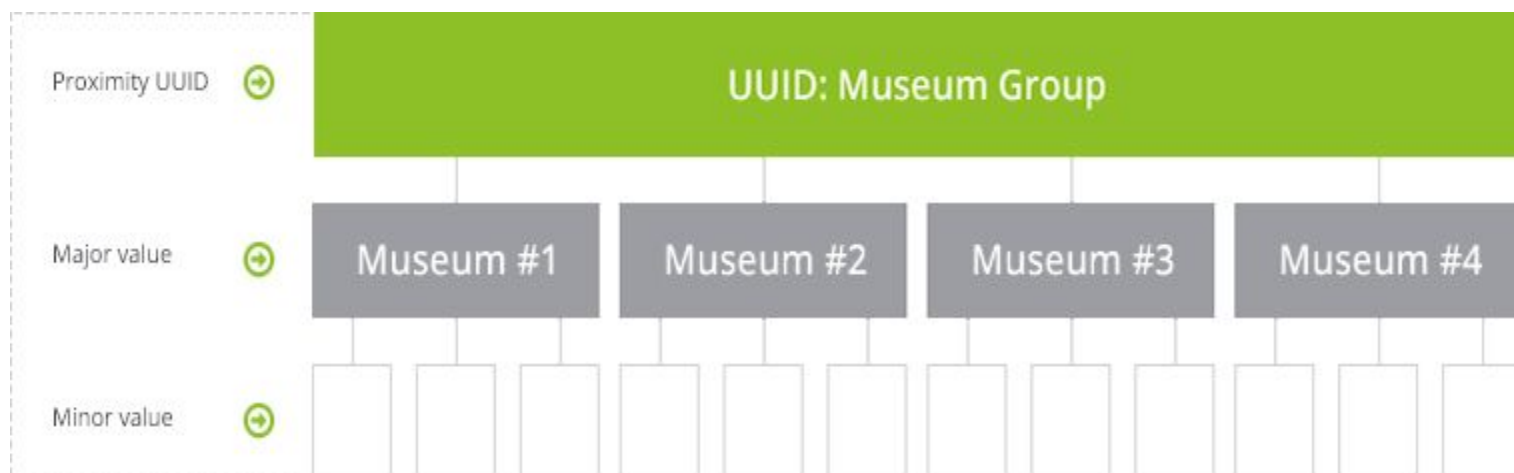
iBeacons

Un protocolo desarrollado por Apple, que permite a las aplicaciones en los smartphones buscar señales de beacons en un rango y mostrar el contenido cuando se detectan. Se recomienda cuando las empresas desean ejecutar campañas de marketing Bluetooth a través de sus propias aplicaciones. Beaconstac SDK es una forma fácil de habilitar el marketing de proximidad y el análisis de ubicación a través de una red BLE compatible con iBeacon.

Una trama iBeacon tiene los siguientes campos:

- UUID: identifica un grupo.
- Major: identifica un subgrupo de beacons dentro de un grupo más grande.
- Minor: identifica un beacon específico.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de implementación de iBeacons en un museo:



Eddystone

Eddystone es un formato de beacons abierto desarrollado por Google y diseñado con transparencia y robustez en mente. Eddystone puede ser detectado tanto por dispositivos Android como iOS. El formato Eddystone se basa en las lecciones aprendidas de trabajar con socios de la industria en implementaciones existentes, así como en una comunidad de beacons más amplia. Se pueden incluir varios tipos diferentes de payload en el formato de trama, incluyendo:

- Eddystone-UID: una ID única 10 bytes fijos y 6 bytes configurables.
- Eddystone-URL: una URL comprimida que, una vez analizada y descomprimida, puede ser utilizada directamente por el cliente.
- Eddystone-TLM: datos de estado de Beacon que son útiles para el mantenimiento y que alimentan el punto final de diagnóstico de Google Proximity Beacon API.

Según diferentes artículos, Eddystone será la tecnología que dominará el mercado de beacons para 2020, ya que sus características otorgan más flexibilidad.

La especificación de Eddystone y los recursos asociados están alojados en GitHub.

AltBeacon

Radius Networks anunció AltBeacon en julio de 2014. Este protocolo de beacons de código abierto fue diseñado para superar el problema de los protocolos que favorecen a un proveedor sobre el otro. Entre otras, sus principales ventajas son:

- Código abierto.
- Compatibilidad con varios sistemas operativos móviles.
- Más flexibilidad al poder personalizar el código fuente.

Aplicaciones BLE Beacons

A continuación se listan algunos de los posibles usos que actualmente se le están dando a la tecnología, aunque definitivamente no son los únicos.

Marketing de proximidad

Los compradores odian los mensajes promocionales que están fuera de contexto. Por lo tanto, las empresas tienen que ser más inteligentes con sus campañas de marketing. Estas campañas tienen que ser extremadamente personalizadas y relevantes. Esto no solo aumenta las ventas sino que también aumenta la lealtad a la marca. Compañías como Macy's, McDonald's, Walmart y Lord & Taylor están haciendo que sus campañas sean extremadamente relevantes y, por lo tanto, útiles para sus visitantes.

Check-in hiperlocal

Los check-ins impulsados por BLE, a diferencia de Facebook o Foursquare, son muy específicos y permiten a los visitantes señalar con precisión dónde se encuentran en las instalaciones. Esta característica podría usarse junto con promociones específicas basadas en la ubicación.

Retargeting Ads

Las soluciones de beacons, como Beaconstac, permiten a las empresas llegar a los visitantes incluso después de que se retiran de la tienda/propiedad. Una vez que un visitante se involucra con cualquier campaña en la tienda, se les expone a la misma marca cuando se conectan en línea: Facebook o Google.

Seguimiento de activos

Este es otro caso popular de uso de beacons. En lugar de leer la información de los beacons en lugares fijos, se escanea la información de beacons asociados a diferentes objetos. Debido a que estos beacons pueden estar equipados con sensores, por ejemplo de luz, sonido, movimiento o temperatura, las aplicaciones son muy variadas. Desde rastreo de sillas de ruedas y bombas de infusión en hospitales hasta monitorear el movimiento, la velocidad y la vibración de un transportador de equipaje en un aeropuerto.

Navegación interior

El GPS funciona muy bien para el aire libre, pero como se sabe, funcionan deficientemente en interiores. La infraestructura BLE funciona muy bien en interiores y exteriores. Una combinación de tres beacons interiores es suficiente para encontrar la posición precisa de un smartphone (haciendo triangulación de la potencia recibida de cada beacon). La navegación interior mediante beacons ofrece indicaciones detalladas, marca los lugares importantes e indica la ruta recomendada. Esto es especialmente útil para tiendas de varios pisos, centros comerciales y museos.

Como se puede apreciar hay muchas aplicaciones que se pueden implementar con los beacons. Actualmente no están cubiertos todos los casos de uso ya que es una tecnología que no tiene muchos años en el mercado. Aún así, desde que esta tecnología salió al mercado, varios fabricantes comenzaron a ofrecer sus soluciones en pos de ganar terreno. No hay un fabricante de beacons específico sino que ellos ofrecen distintas soluciones (en mayor o menor medida dependientes de su infraestructura), por lo que se debe buscar el dispositivo indicado en cada caso y también no quedar atado a soluciones propietarias.

Conclusiones

En este documento se abarcaron los siguientes temas:

- Una introducción general a la tecnología Bluetooth clásica, demostrando clases de dispositivos y las posibilidades de conexión que tienen los dispositivos.
- Así mismo se realizó una introducción a la tecnología Bluetooth Low Energy (BLE), y las razones por la cual está teniendo un amplio uso en el mercado.
- Se establecieron las diferencias principales entre ambas tecnologías.
- Se introdujo a nivel general la tecnología de beacons, basada en BLE. Dentro de esto, se nombraron los protocolos existentes para implementar soluciones de beacons, así como también se explicó detalladamente un caso de uso de beacons en una cafetería.
- Por último, se listaron una serie de posibles aplicaciones con beacons que ya fueron desplegadas con anterioridad.

Próximos pasos

A partir de este punto hay varios temas que se pueden investigar. Entre ellos pueden ser:

- Investigar en profundidad las tecnologías Bluetooth y BLE.
- Investigar los dispositivos existentes en el mercado para comunicarse vía Bluetooth.
- Buscar dispositivos beacons disponibles, leer la documentación y casos de uso.
- Implementar una solución IoT basada en beacons siguiendo esta guía de material informativo.

Referencias

- [Bluetooth Wikipedia](#) - [Disponible 05/10/19]
- [¿En qué consiste BLE?](#) - [Disponible 18/07/19]
- [Beacons en Android](#) - [Disponible 18/07/19]
- [8 datos sobre beacons](#) - [Disponible 18/07/19]
- [Google Beacon Platform](#) - [Disponible 18/07/19]
- [Alt Beacon site](#) - [Disponible 18/07/19]
- [A complete guide to BLE](#) - [Disponible 18/07/19]
- [What is a beacon?](#) - [Disponible 18/07/19]
- [Key differences between beacon protocols](#) - [Disponible 18/07/19]