

---

## La tecnología Beacons y sus aplicaciones

Leslie Janet Carboney Palafox

[leslie\\_carboney@hotmail.com](mailto:leslie_carboney@hotmail.com)

Eduardo Calderón Gómez

[eduardocg11@gmail.com](mailto:eduardocg11@gmail.com)

Francisco A. Chávez Estrada

[falexchavez@hotmail.es](mailto:falexchavez@hotmail.es)

Efren López Jiménez

[jmzelectronica@gmail.com](mailto:jmzelectronica@gmail.com)

Juan Carlos Herrera Lozada

[jlozada@ipn.mx](mailto:jlozada@ipn.mx)

*Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo del Instituto Politécnico Nacional  
Laboratorio de Tecnología de Computación Inteligente*

### Abstract

*Los Beacons son una tendencia relativamente nueva, y se refiere a dispositivos con tecnología Bluetooth de bajo consumo (en inglés BLE - Bluetooth Low Energy) con un protocolo de comunicación simple que consiste en enviar un paquete de datos que identifica de forma personalizada al dispositivo, de tal manera que cualquier dispositivo móvil cercano a él recibirá su información y podrá interpretarla. En este artículo se explicará cómo surge esta tecnología, los protocolos usados y principalmente se mencionarán algunas aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento, abriendo el panorama de lo que puede ocurrir en un futuro.*

### 1. Introducción.

Bluetooth es una tecnología de comunicación entre dispositivos de corto alcance [1]. Según el NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, por sus siglas en inglés) Bluetooth es un estándar abierto para la comunicación de radiofrecuencia (RF) de corto alcance; esta tecnología inalámbrica se utiliza principalmente para establecer redes inalámbricas de área personal (WPAN) [2].

Los dispositivos con módulos Bluetooth se clasifican de acuerdo a la clase y a la versión de Bluetooth empleada. Las clases, a su vez, se clasifican de acuerdo a su rango de alcance, que se encuentra aproximadamente entre 1 y 100 metros, algunas incluso alcanzan mayores distancias; y a la potencia de consumo, comprendida entre 1 y 100mW. En cuanto a las versiones, hasta el momento existen de la 1.0 a la 5.0, siendo la tecnología 4.0 de particular interés pues dentro de esta versión apareció Bluetooth Low Energy (BLE), definida como una tecnología inalámbrica de red de área personal usada para transmitir datos en distancias cortas, diseñado para un bajo consumo energético (puede durar hasta 3 años con una simple pila de botón), y su costo es muy competitivo (es entre 60-80% más barato que un Bluetooth clásico) [1].

Los objetivos clave de la tecnología de Bluetooth de baja energía incluyen menor consumo de energía, requisitos de memoria reducida, procedimientos eficientes de descubrimiento y conexión, longitud de paquetes cortos y protocolos y servicios sencillos.

Por lo cual, el BLE es ideal para aplicaciones simples que requieren pequeñas transferencias de datos periódicas, y está enfocado principalmente para elementos que funcionen con internet de las cosas (IoT), a diferencia del Bluetooth clásico que es preferible para aplicaciones más complejas que requieren comunicación consistente y mayor rendimiento de datos.

## 2. Funcionamiento: tecnologías iBeacon & Eddystone.

La comunicación BLE consiste principalmente en “avisos”, o pequeños paquetes de datos, transmitidos en intervalos regulares. Este es un método de comunicación unidireccional. Los Beacons que quieren ser descubiertos pueden transmitir paquetes auto-contenidos de datos en intervalos establecidos; estos paquetes son recogidos o recibidos por dispositivos como teléfonos inteligentes, donde se pueden utilizar para una variedad de aplicaciones.

En la figura 1, es posible observar de manera general cómo funciona un Beacon. Primeramente el Beacon se encuentra en todo momento emitiendo una señal Bluetooth, en la cual viene contenido el identificador de éste. Esta señal es detectada por un dispositivo móvil que se encuentra en un área cercana al Beacon, el cual dependiendo de la configuración podría o no requerir descargar previamente una app. Este dispositivo envía después el ID del Beacon al servidor en la nube, entonces el servidor revisa qué acción está asignada al número ID y responde.

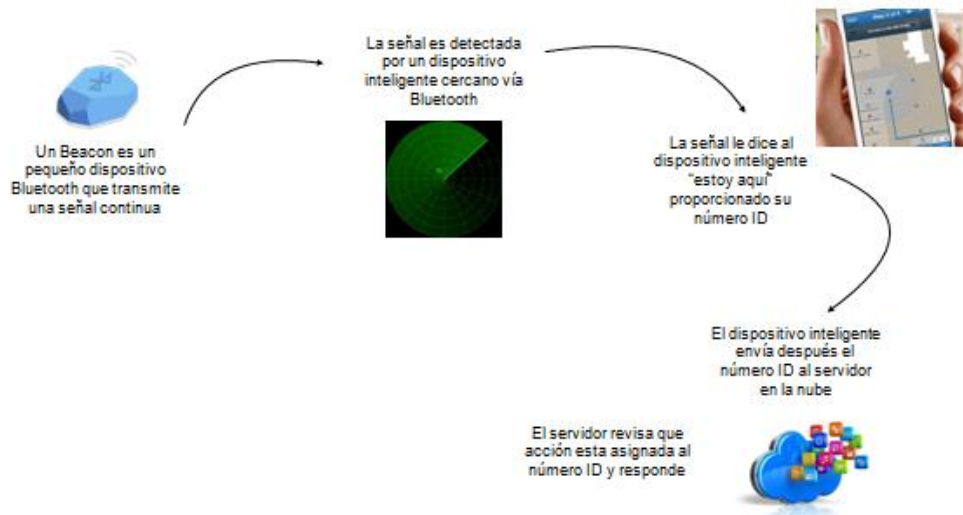


Figura 1. Funcionamiento del beacon.

Existen diversos protocolos para la comunicación de Beacons, siendo actualmente las más implementadas la tecnología *iBeacon* y *Eddystone*.

## 2.1 iBeacon [3].

iBeacon es una tecnología estándar de Apple que permite a aplicaciones móviles (dispositivos iOS y Android) escuchar las señales de los Beacons en el mundo físico y reaccionar en conformidad. En esencia, la tecnología iBeacon permite a las aplicaciones móviles comprender su posición a escala micro-local y ofrecer contenido hipercontextual a los usuarios en función de la ubicación [4].

Con iBeacon, Apple ha estandarizado el formato para BLE Advertising. Bajo este formato, un paquete consta de cuatro elementos principales de información:

*UUID:* Es una cadena de 16 bytes utilizada para diferenciar un grupo grande de Beacons relacionados.

*Major:* Cadena de 2 bytes utilizada para distinguir un subconjunto más pequeño de Beacons dentro del grupo más grande.

*Minor:* Cadena de 2 bytes para identificar Beacons individuales.

*Tx Power:* Se utiliza para determinar la proximidad (distancia) de los Beacons [4].

Obsérvese la Fig. 2.

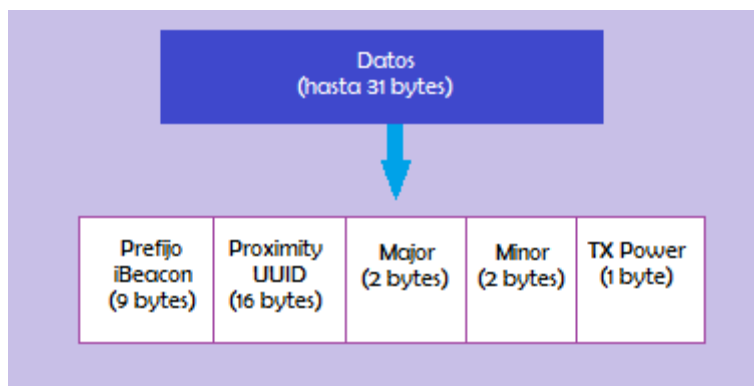


Figura 2. Formato iBeacon.

## 2.2 Eddystone [5].

Por otra parte Google introdujo Eddystone para hacerle frente a la tecnología iBeacon desarrollada por Apple.

En general, Eddystone funciona igual que iBeacon. La diferencia es que es de código abierto y plataforma cruzada. Además Eddystone transmite cuatro paquetes diferentes de datos:

*Eddystone-UUID:* Es la transmisión principal. Es de 16 bytes de largo y se divide en dos partes: 10 bytes para el espacio de nombre y 6 bytes para la instancia

*Eddystone-URL:* Es una transmisión alternativa que envía una URL comprimida de 17 bytes en lugar de un identificador numérico.

Este es el formato que hace particular a Eddystone y ofrece una gran ventaja pues no se requiere descargar una aplicación específica de un lugar o servicio, pues utiliza directamente

el navegador que se tiene instalado y se envía información direccionando directamente a una URL.

*Eddystone-TLM*: Este paquete se emite junto con los paquetes Eddystone-UID o Eddystone-URL y contiene el "estado de salud" del Beacon (por ejemplo, duración de la batería) y se emite con menos frecuencia que los paquetes de datos.

*Eddystone-EID*: EID es un formato similar a Eddystone-UID, pero con un único identificador cifrado de 8 bytes variable en el tiempo que debe estar registrado con la API del Beacon utilizando un proyecto registrado bajo una cuenta de Google. Esto agrega un nivel adicional de seguridad para ciertas aplicaciones.

Obsérvese la Fig. 3.

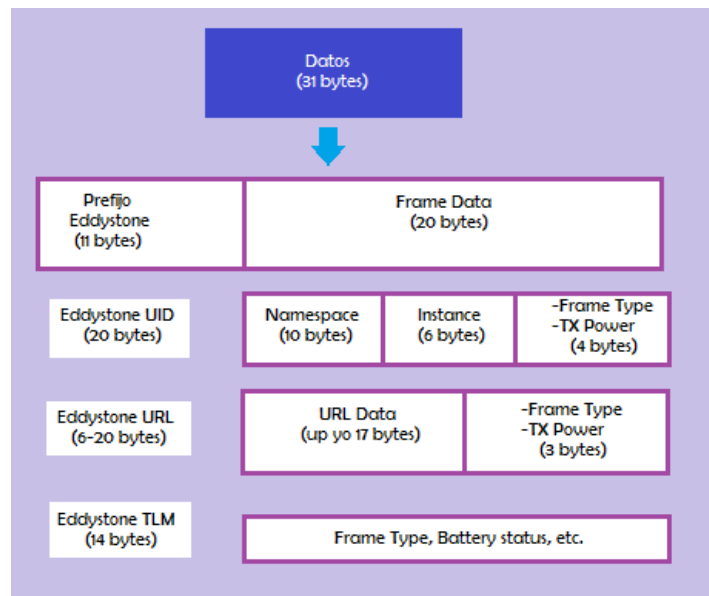


Figura 3. Formato Eddystone.

### 3. Aplicaciones

En un principio el uso del Bluetooth se hizo muy popular gracias a los teléfonos móviles, ya que mediante esta conexión inalámbrica es posible compartir archivos con una gran facilidad y comodidad. Actualmente su uso se ha hecho tan popular, que se puede encontrar prácticamente en cualquier aparato tecnológico, e incluso en electrodomésticos.

Según el reciente comunicado de la consultora ABI Research, el mercado de estos sensores crecerá más del doble durante 2016 y se prevé en 2021 un despliegue de más de 400 millones de estos dispositivos [6].

Cada vez son más las organizaciones en todo el mundo que se interesan por esta tecnología: grandes superficies comerciales, aeropuertos, museos, festivales, clubes deportivos, hospitales, universidades, entre otros.

En los aeropuertos se busca la optimización del tiempo de los pasajeros, ofreciendo servicios de orientación en sus instalaciones y proporcionándoles notificaciones.

**En los museos se desea que** el visitante reciba **información personalizada y en tiempo real sobre la obra** que estaba contemplando, **el uso de estos sensores amplía la experiencia de los visitantes y a su vez aporta valor añadido a la institución** porque puede saber **qué espacios y obras son más o menos concurridos**. El MNAC o el Museo del Prado, el [Museu Metropolità d'Art](#) (MET), el Guggenheim de Nueva York, el National Geographic o el Museo Nacional de Gales son un ejemplo de ello.

Un ejemplo particular se muestra en [7], aquí se realiza el diseño de un sistema en el que se utilizan iBeacons, donde los visitantes navegan e interactúan con las colecciones, basándose en la ubicación de los visitantes y tiempo de retención. Sus objetivos son dar información personalizada para facilitar su aprendizaje en un museo. Además de rastrear el comportamiento de los visitantes a través de iBeacons, con el fin de estimar los intereses de los visitantes y, enviar anuncios relativos posteriormente. Entre las mejoras se encuentran en los criterios con los que juzgar los intereses de los visitantes y demandas potenciales; el método basado en la forma de juzgar qué colección se notificará automáticamente si el visitante se encuentra en el centro de varias colecciones en una sala de un museo, etc.

**En festivales y ferias se ha podido encontrar amigos perdidos**, informar en tiempo real de cambios **repentinos en la programación y de los actos que tienen lugar en la zona**.

**En centros comerciales y supermercados su principal uso es el marketing**. Los clientes, pueden conseguir de manera personalizada descuentos, premios, recomendaciones u ofertas. Además si el comercio pone los sensores en las carros de la compra, puede saber qué recorrido hace el cliente, en qué estanterías se ha quedado más tiempo, los pasillos más visitados y, de este modo, por ejemplo, mejorar la colocación de productos. [Condis](#), [Carrefour](#) o County [Martket](#), son algunas cadenas que han probado el uso de esta tecnología. Otro ejemplo de esto surge en tiendas departamentales en Ohio, donde se ha instalado una red de Beacons, y mediante una aplicación móvil proporciona a los usuarios recetas de cocina adaptadas a su ubicación, el clima y los productos de venta actual de la tienda [8].

**En los clubes deportivos, se ha visto como programas de fidelización para los seguidores**. El [FC Barcelona](#) instaló en 2015 una red de sensores de prueba en la zona del Bulevar del Camp Nou para que los visitantes que tenían la App del club pudieran **recibir promociones para restaurantes del bulevar y la explanada**. Por su parte, el [Real Madrid](#) en su gira por China desplegó sensores en los estadios Guangzhou Tianhe y Shanghai, lo que permitió **conectar a los seguidores y mantenerlos informados** de noticias relacionadas con la gira y la oportunidad de participar en un sorteo. Equipos de baloncesto de la NBA como [Sacramento Kings](#) o los [Cleveland Cavaliers](#) también han hecho pruebas [6].

Esta tecnología también se ha implementado en centros clínicos [9], como el ubicado en Bethesda, Maryland, donde se ha puesto en marcha una aplicación que aprovecha los datos de los Beacons para guiar a los pacientes y el personal de alrededor de un edificio de 3 millones de pies cuadrados.

Por otro lado, en [10] la tecnología Beacons es usada en el transporte, mediante Onyx da a conocer a los pasajeros cuando el autobús está llegando y alerta a los conductores cuando un pasajero está esperando en una parada, además de proporcionar otra información y servicios.

En [11] se ha adoptado la aplicación SmartUni, que permite a sus 1.200 estudiantes internacionales comprender mejor su entorno y recibir actualizaciones, anuncios y horarios en función de su ubicación en el campus. La universidad trabajó con Linteri para desarrollar una aplicación que permite a los estudiantes manejar sus horarios de clases y exámenes, recibir alertas con respecto a los plazos, y ver los anuncios e información sobre eventos, en su propio idioma. Sin embargo, con Beacons el sistema se vuelve más inteligente, ya que puede ayudar a los estudiantes a entender dónde están en la escuela, en relación a dónde quieren estar, y recibir la información basada en la ubicación, tales como un calendario para el entretenimiento o transporte en la zona donde se encuentran ubicados.

En [12] se muestra una nueva aplicación diseñada para hacer más fácil la navegación de los visitantes a la enorme biblioteca estatal de Bavaria, Munich, para encontrar su manera más rápida y cómodamente, y sin depender de personal de la biblioteca para guiarlos, ya que es un espacio muy grande que alberga 9.81 millones de libros, decenas de miles de volúmenes de referencia, mapas e imágenes. Para lograron hicieron uso de Beacons, adecuados por su pequeño tamaño y batería reemplazable. Además desarrollaron un algoritmo que determina la ubicación de un usuario basado en la triangulación y una técnica de toma de huellas dactilares que crea un mapa único para cada piso, basado en ligera atenuación de las señales emitidas por los Beacons debido al diseño o los obstáculos o la construcción en el interior del espacio.

Algo similar realizó la Universidad de Oklahoma [13], instaló una red de Beacons para ayudar a los estudiantes a navegar alrededor de la compleja librería de la universidad, así como acceder a información sobre su colección de libros de Galileo y artículos relacionados, mediante una aplicación móvil disponible en iOS y Android.

En [14] se muestra el desarrollo de un sistema de gestión de contenidos (CMS) que permite a los museos u otras organizaciones crear sus propias audio-guías para teléfonos inteligentes o tabletas compatibles con Bluetooth, utilizando Beacons como desencadenantes basados en la localización. Se realizó una implementación del sistema en el Museo Eldheimar. Cada estación requiere por lo menos un Beacon Bluetooth, que detecta la presencia del usuario de la aplicación y activa el contenido de recorrido (audio y visual).

### **Conclusiones**

La tecnología Beacon, tiene un gran potencial pues habilita la contextualización basada en la proximidad o ubicación conectando los mundos físicos y digitales, lo cual hace posible implementarla en una gran cantidad de aplicaciones mejorando la experiencia del usuario final. Existen diversos países que ya están adoptando esta tendencia, es por ello que se debe comenzar a prestar más atención e innovar con aplicaciones que se enfoquen a los intereses

del mercado nacional aportando a la investigación científica y a la integración de tecnologías emergentes.

## Referencias

[1] Recuperado el 30 de septiembre del 2017 de <http://www.usingbeacons.com/tecnologia-ibeacon-que-es-y-para-que-sirve/>

[2] Guide Bluetooth Security (Mayo 2017). NIST Special Publication 800-121. Recuperado el 3 de octubre del 2017 de <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-121r2.pdf>

[3] Estimote. Recuperado el 25 de septiembre del 2017 de <http://developer.estimote.com/ibeacon/>

[4] iBeacon Insider Recuperado el 25 de septiembre del 2017 de <http://www.ibeacon.com/what-is-ibeacon-a-guide-to-beacons/>

[5] Google Beacon Platform. Recuperado el 3 de octubre del 2017 de <https://developers.google.com/beacons/eddystone>

[6] Universitat Oberta de Catalunya. (Mayo 2016). Recuperado el 3 de octubre del 2017 de <https://www.uoc.edu/portal/es/news/actualitat/2016/099-beacons.html>

[7] Z. He, B. Cui, W. Zhou, S. Yokoi, "A proposal of interaction system between visitor and collection in museum hall by iBeacon" in The 10th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), 2015.

[8] C. Swedberg, "Allrecipes Uses Beacons to Spice Up App", IOT Journal, Julio 2016. Recuperado de <http://www.iotjournal.com/articles/view?14702>

[9] C. Swedberg, "Beacons, App Help Patients, Employees Navigate Huge Clinic", IOT Journal, Julio 2016. Recuperado de <http://www.iotjournal.com/articles/view?14753>

[10] C. Swedberg, "European Bus Operators Provide Beacon-Guided Rides", IOT Journal, Diciembre 2015. Recuperado de <http://www.iotjournal.com/articles/view?13886>

[11] C. Swedberg, "Beacon Technology Teaches International Students About Their Surroundings", IOT Journal, Octubre 2015. Recuperado de <http://www.iotjournal.com/articles/view?13605>

[12] M. C. O'Connor, "Beacons Guide Visitors Through Bavaria's State Library", IOT Journal, Marzo 2016. Recuperado de <http://www.iotjournal.com/articles/view?14233>

[13] C. Swedberg, " Beacons Guide and Inform University of Oklahoma Students", IOT Journal, Diciembre 2015. Recuperado de <http://www.iotjournal.com/articles/view?13846>

[14] C. Swedberg, "Fire, Ice and Beacons Converge at Eldheimar Museum", IOT Journal, Septiembre 2015. Recuperado de <http://www.iotjournal.com/articles/view?13487>