



Beacons BLE (Bluetooth Low Energy) en el sector turístico, control de afluencia y servicios de valor añadido

Arkaitz Arregui Caballero de Tineo

Máster universitario en ingeniería de telecomunicación UOC-URL
Telemática

Consultor: José López Vicario

Profesor: Xavi Vilajosana Guillen

12/06/2016



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-CompartirIgual [3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/)

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>Beacons BLE (Bluetooth Low Energy) en el sector turístico, control de afluencia y servicios de valor añadido</i>
Nombre del autor:	<i>Arkaitz Arregui Caballero de Tineo</i>
Nombre del consultor/a:	<i>José Lopez Vicario</i>
Nombre del PRA:	<i>Xavi Vilajosana Guillen</i>
Fecha de entrega:	06/2016
Titulación:	<i>Máster universitario en ingeniería de telecomunicación UOC-URL</i>
Área del Trabajo Final:	<i>Telemática</i>
Idioma del trabajo:	<i>Español</i>
Palabras clave:	<i>“Smart Bluetooth”, “Beacon”, “Proximity”</i>
Resumen del Trabajo:	
<p>Con la aparición del <i>Bluetooth Smart</i> y su bajo consumo, se ha abierto un nuevo abanico de posibilidades para las <i>Experiencias de Proximidad</i>. El uso de <i>beacons Bluetooth Smart</i> hace posible crear nuevas relaciones Proveedor-Usuario mediante la detección de usuarios que se acercan a una localización concreta. El bajo coste de los dispositivos BLE unido a la posibilidad de estar activo por largos periodos de tiempo con una pila de botón, permite “marcar” un lugar mediante un <i>beacon</i> con independencia de si existe electricidad en el lugar, pudiendo ser colocados en lugares al aire libre. Para que esto sea posible, es necesario que el usuario disponga de un dispositivo compatible con BLE y que tenga una aplicación instalada que le permita reconocer al <i>beacon</i> detectado. Mediante esta aplicación se podrá ofrecer al usuario desde información adicional a ofertas personalizadas.</p> <p>El uso de <i>beacons</i> aplicado al sector turístico sirve para ofrecer información sobre monumentos, eventos, lugares de ocio, restaurantes, hoteles y un largo etcétera. Hoy en día existen muchas aplicaciones que hacen uso de la geolocalización para ofrecer esta información, pero los <i>beacons</i> BLE permiten la escucha con el dispositivo en espera, posibilitando mostrar la información sin que el usuario la busque específicamente, ya que energéticamente es mucho más eficiente que la geolocalización.</p> <p>Este trabajo muestra las posibilidades de la utilización de <i>beacons</i> para ofrecer información sobre actos culturales en eventos a gran escala, con múltiples localizaciones y con programación cambiante en el tiempo.</p>	

Abstract:

With the advent of Bluetooth Smart and low power consumption, it has opened a whole new range of possibilities for Proximity experiences. Using Bluetooth Smart beacons makes possible to create new supplier-user experiences by detecting users who are approaching a specific location. The low cost of the BLE devices coupled with the possibility of being active for long periods of time with a coin battery, that can "landmark" in any place regardless of whether there is electricity in such place, so can be placed in outdoors locations. To make this possible, it is necessary that the user has a BLE-compatible device and have installed an application that could recognise the detected beacon. This application can offer to the user from personalised deals to additional information.

The use of beacons applied to the tourism sector can provide information about sights, events, entertainment venues, restaurants, hotels among others. Nowadays there are many applications that use geolocation to provide this information, but the BLE beacons allow listening while the device is on standby, enabling display information without the user's interaction since it is energetically more efficient than geolocation.

The present project shows the possibilities of the use of beacons to provide information about cultural activities in large-scale events, with multiple locations and changing programming time.

Índices

INDICE DE CONTENIDOS

1.	Introducción	1
1.1.	Título.....	1
1.2.	Descripción.....	1
1.3.	Objetivos.....	1
1.4.	Apartados de la memoria.....	2
1.5.	Planificación temporal.....	2
1.5.1.	Diagrama de Gantt	3
2.	Estado del arte. “Experiencias de proximidad”, los <i>Beacon</i> en el sector turístico/retail.....	4
2.1.	Experiencias de proximidad.....	4
2.2.	Tipos de <i>beacon</i>	6
2.2.1.	Tecnología RFID.....	6
2.2.2.	Tecnología WIFI.....	6
2.2.3.	Tecnología NFC.....	7
2.2.4.	Tecnología GSM.....	7
2.2.5.	Tecnología Bluetooth.....	7
2.3.	<i>Beacons</i> BLE.....	8
2.3.1.	Arquitectura del BLE.....	9
2.3.1.1.	Capa Física (PHY).....	10
2.3.1.2.	Capa de enlace (<i>Link Layer</i>).....	11
2.3.1.3.	<i>Host/Controller Interface</i> (HCI).....	13
2.3.1.4.	L2CAP.....	13
2.3.1.5.	<i>Attribute protocol</i> (ATT).....	13
2.3.1.6.	<i>Generic Attribute Profile</i> (GATT).....	13
2.3.1.7.	<i>Security Manager</i> (SM).....	14
2.3.1.8.	<i>Generic Access Profile</i> (GAP).....	14
2.3.2.	Topología de red: Redes sin conexión y con Conexión.....	14
2.3.2.1.	<i>Broadcasting</i>	15
2.3.2.2.	<i>Connections</i>	16
2.3.3.	Estados.....	17
2.3.4.	Tasa de transferencia, consumo y consumo.....	19
2.3.5.	Procedimiento de <i>advertising</i>	19
2.4.	Protocolos <i>beacon</i> predominantes.....	20
2.5.	Principio de funcionamiento.....	23
2.6.	Productos comerciales.....	24
3.	Uso de <i>beacons</i> en el sector turístico.....	27
3.1.	Aeropuertos.....	28
3.2.	Hospitalidad: Hoteles, restaurantes y museos.....	29
3.3.	Destinos turísticos.....	32
3.4.	<i>Beacons</i> y eventos.....	34
4.	Sistema de control de flujo e información en actividades turísticas/culturales.....	38
4.1.	Propuesta.....	38
4.1.1.	Ubicación de <i>beacons</i>	39
4.1.2.	Rango de detección.....	40

4.1.3.	Esquema del sistema.	41
4.1.4.	Aplicación de usuario.....	41
4.2.	Presupuesto.....	42
5.	Implementación del Sistema	43
5.1.	Componentes del sistema	43
5.2.	Software necesario	45
5.3.	Programación del beacon.....	45
5.3.1.	Estructura de la trama.	45
5.3.2.	Aplicación en uVision.....	48
5.4.	Programación de la aplicación móvil	49
5.4.1.	Configuración y ejemplos.	49
5.4.2.	APIs de google.	52
5.4.3.	App Donostia2k16	55
5.4.4.	Prueba de uso	59
6.	Conclusiones	62
6.1.	Análisis del trabajo teórico-practico	62
6.2.	Limitaciones.....	63
6.3.	Mejoras futuras para la aplicación	63
	Bibliografía	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Diferencias entre los protocolos iBeacon y Eddystone.....	22
Tabla 2.	Presupuesto.	42
Tabla 3.	Trama UID.....	47
Tabla 4.	Resumen mediciones RSSI.....	61

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Diagrama Gantt de la planificación del TFM - Ejecución del trabajo	3
Ilustración 2.	Tipos de chip Bluetooth.....	9
Ilustración 3.	Capas funcionales de bluetooth	10
Ilustración 4.	Frecuencias del Bluetooth Smart	11
Ilustración 5.	Capa de enlace (Link Layer)	12
Ilustración 6.	Broadcast topology	15
Ilustración 7.	Connected topology	17
Ilustración 8.	Diagrama de estados de la máquina de estados de la capa de enlace.....	18
Ilustración 9.	Advertising interval.....	19
Ilustración 10.	<i>Nonconnectable Advertising</i>	20
Ilustración 11.	<i>Connectable Undirected Advertising</i>	20
Ilustración 12.	Porcentajes de miembros de proxbox que soportan cada protocolo por trimestres	22
Ilustración 13.	Esquema funcionamiento del sistema.....	24
Ilustración 14.	Beacon estimote	25

Ilustración 15. Beacon kontakt	25
Ilustración 16. nRF51822-Evaluation KIT	26
Ilustración 17. nRF51822.mkit.....	26
Ilustración 18. Información mediante beacons	28
Ilustración 19. Imágen de la app del aeropuerto de Changi.....	29
Ilustración 20. Beacons en el resort Atlantis.	30
Ilustración 21. Beakons y destinos turísticos.....	33
Ilustración 22. Beacons y apps en Queensland.	34
Ilustración 23. Mapa de los puntos de interés.	40
Ilustración 24. rango de los beacon.....	40
Ilustración 25. Esquema de detección.....	41
Ilustración 26. Aplicación de usuario.	42
Ilustración 27. Pila del protocolo BLE en el chip nRF51822	43
Ilustración 28. Beacon kontakt	44
Ilustración 29. Paquete de nivel superior en BLE.....	46
Ilustración 30. Trama <i>advertising Eddystone</i>	47
Ilustración 31. Imágenes de la aplicación nRF Beacon de Nordic.....	50
Ilustración 32. Imágenes de la aplicación nRF Beacon de Nordic.....	51
Ilustración 33. Imágenes de la aplicación beacon-platform.....	52
Ilustración 34. Entorno para gestionar los beacons asociados a una cuenta. ...	53
Ilustración 35. Gestión de la información de un beacon en el <i>dashboard</i> de google.	54
Ilustración 36. Concepto nearby de google.....	55
Ilustración 37. Imágenes de la aplicación. Pantalla principal y notificación búsqueda.....	56
Ilustración 38. Aplicación, beacons encontrados.....	57
Ilustración 39. Detalles del Beacon	58
Ilustración 40. Entorno de pruebas.....	59
Ilustración 41. Detección de un beacon.	60
Ilustración 42. Mediciones realizadas a 20, 50 y 70 metros.	60
Ilustración 43. graficas de deteccion en concurrencia a 70 metros.	61

1. Introducción

1.1. Título

Beacons BLE (*Bluetooth Low Energy*) en el sector turístico, control de afluencia y servicios de valor añadido.

1.2. Descripción

Una de las áreas emergentes dentro del IoT es el uso de *beacons*, pequeñas balizas de ultra bajo consumo que constantemente emiten una información prefijada mediante BLE (*Bluetooth Low Energy*). El uso de BLE lo hace compatible con prácticamente todos los dispositivos móviles, lo que abre un abanico inmenso de posibilidades, ya que hoy en día los dispositivos inteligentes son una realidad al alcance de la mayoría.

Los *beacons*, permiten desde el posicionamiento en interiores o exteriores con mala cobertura GPS (calles con edificios altos) recibir información personalizada relacionada con el *beacon* localizado.

En este trabajo se realizará un análisis en profundidad de los diferentes tipos de *beacons* y de las posibilidades que ofrecen en el sector turístico, se escogerá un sistema que sirva para enriquecer la experiencia de usuario de los turistas (servicios de valor añadido al usuario como información adicional o horarios), a la vez que sirva para conocer los flujos turísticos dentro de una ciudad o evento a los gestores turísticos.

Se desarrollará e implementará una solución que cuando reciba la señal de un *beacon* concreto, asociado a un evento o localización particular, sea capaz de ofrecer al usuario información adicional y al gestor información sobre usuarios que han pasado por el *beacon*.

Para el desarrollo del demostrador se utilizará el Bluetooth Smart *Beacon* nRF51822 de NORDIC.

1.3. Objetivos

El presente trabajo tiene dos objetivos fundamentales: por un lado, analizar en profundidad los *Beacons* con un enfoque orientado al turismo, y por otro lado desarrollar un sistema que permita ofrecer una experiencia mejorada con un control de flujos en un entorno turístico.

Estos objetivos principales se desglosan en los siguientes objetivos específicos:

- Estado del arte de la tecnología *Beacon*.
- Análisis del uso de *beacons* en el sector turístico, casos de éxito y posibilidades futuras.
- Identificar fortalezas y debilidades de cada tecnología y elección de un sistema.
- Desarrollo de un sistema para el control de afluencia a actos/lugares culturales mediante un sistema de balizas (*beacons*).
- Implementación del sistema con el Bluetooth Smart *Beacon* nRF51822 de NORDIC.
- Verificar el correcto funcionamiento del sistema.

1.4. Apartados de la memoria

El presente trabajo, además de una introducción, conclusiones, glosario y bibliografía constará de:

- Tecnología *Beacon* (*Bluetooth Low Energy*).
- Usos de *Beacons* en el sector Turístico.
- Desarrollo de un sistema de *beacons* en lugares turísticos.
- Implementación del sistema.
- Verificación.

1.5. Planificación temporal

Para la planificación temporal, se ha considerado que se dispondrá de 2 horas todos los días laborales y 4 cada día del fin de semana. Esto nos da margen para si algún día no se puede cumplir con el horario, recuperarlo en días sucesivos o el fin de semana.

1.5.1. Diagrama de Gantt

A continuación se muestra el diagrama de Gantt del proyecto, con línea base en la planificación inicial y la ejecución real de los trabajos.

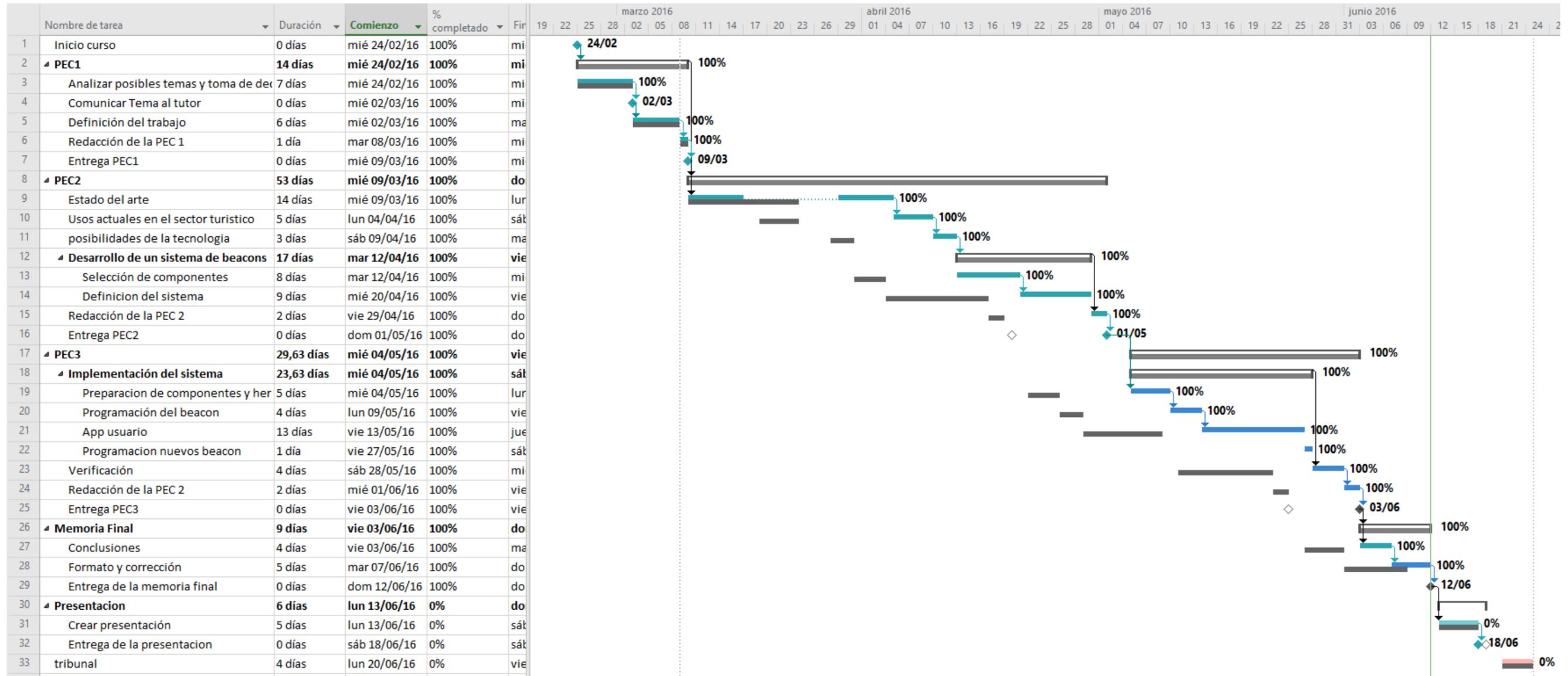


Ilustración 1. Diagrama Gantt de la planificación del TFM - Ejecución del trabajo

2. Estado del arte. “Experiencias de proximidad”, los *Beacon* en el sector turístico/retail.

Definimos como *beacon* o baliza como un dispositivo electrónico que emite constantemente (con un intervalo prefijado) una señal que otros dispositivos electrónicos compatibles que estén dentro del alcance del *beacon* pueden localizar. Por definición, los *beacon* no interactúan con los dispositivos electrónicos, sino que son estos los que al localizar un *beacon* son capaces de conseguir una localización, ejecutar una tarea o lanzar un aviso.

Los *beacon* se han convertido en los últimos años en tendencia en el IoT con dos enfoques distintos, el del posicionamiento en interiores (o en entornos de mala cobertura GPS) y el de las “experiencias de proximidad”, que hace referencia al ofrecer servicios o publicidad personalizada a los dispositivos que se aproximan a un *beacon*.

La funcionalidad que queremos analizar es la que aporta la denominada “experiencias de proximidad”, dejando a un lado el tema de posicionamiento en interiores (*Indoor Positioning system* o IPS), aunque en muchos casos puede estar relacionado ya que una de las informaciones más valiosas que puede recibir un cliente/visitante es el de su posición exacta y una guía de cómo llegar a un destino concreto.

2.1. Experiencias de proximidad.

Cuando hoy en día se habla de las “*proximity experience*”s, se hace referencia a la interacción con clientes/visitantes que se acercan a un punto concreto. Se define también el “*proximity marketing*”, es decir, el uso que hacen las empresas para hacer márketing cuando alguien se acerca a un comercio o un punto de interés de una marca, ya sea en forma de publicidad, ofertas o una simple recopilación de datos para ofrecer publicidad personalizada después.

Las posibilidades respecto a las experiencias de proximidad son infinitas, y se basan en el hecho de que hoy en día una gran parte de la población dispone de un teléfono inteligente o Smartphone (con casi 350 millones unidades enviadas a nivel mundial en el segundo cuatrimestre del 2015 según IDC (IDC Research, 2015)), y además estos dispositivos están continuamente conectados con conexiones cada vez mejores (con cobertura 4G para un 76,3 % de los hogares españoles en el primer trimestre de 2015 según el ministerio de industria (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2015)).

Hay dos enfoques claramente diferenciados en cuanto a las “*proximity experience*”s:

- Detección del usuario y procesamiento por parte del comercio/operador. En este caso no se instalan balizas, sino que los dispositivos de los clientes actúan como tales. Para esto se pueden entregar balizas a los clientes con anterioridad o se puede aprovechar las señales que emiten los dispositivos de los clientes (como por ejemplo las “tramas de respuesta de prueba” que emiten periódicamente estos dispositivos, en los que emiten su MAC). Esto permite que no haga falta la interacción del usuario mediante la instalación de aplicaciones ya que es el comercio el que monitoriza y puede personalizar su publicidad al instante (por ejemplo, en marquesinas o kioscos interactivos).
- Detección de *beacons* por parte del usuario, e interacción desde el dispositivo del usuario. En este caso es el cliente el que ha de detectar la señal de una baliza instalada, por lo que se hace necesario que el cliente tenga una aplicación que sea capaz de detectar la señal de la baliza. Una vez el usuario detecta la baliza, la aplicación es la encargada de interactuar, ya sea mostrando información personalizada o enviando datos de localización al sistema para su posterior análisis.

Según publica la revista Forbes (Petro, 2014), para entender la importancia del Marketing de Proximidad, hay que tener en cuenta los datos respecto a la receptividad de los consumidores que recoge JiWire:

- El 53% de los clientes están dispuestos a compartir su ubicación para recibir una publicidad más relevante.
- El 57% de los clientes son más receptivos con la publicidad basada en la localización.
- El 62% de los clientes compartir ofertas locales con amigos.
- El 63% de los clientes creen que los cupones son la forma más valiosa de marketing móvil.

La incorporación de tecnología en espacios físicos con el objetivo de enriquecer la experiencia del usuario es cada vez más común. Los *beacons* son un tipo de tecnología de bajo consumo basada en la geolocalización, que se incorpora en espacios físicos, y detecta la presencia de visitantes en dicho espacio gracias una app móvil. Esta aplicación ofrece información en tiempo real de los movimientos por dicho espacio en función de la distancia a la que se esté de los *beacons* (Yuste, 2015).

El uso de los *beacons* se está generalizando y está cobrando una gran importancia en sectores como el turístico y cultural, debido a que se trata de una tecnología asequible y poco invasiva, que permite a cualquier institución

o destino enriquecer las visitas a sus espacios físicos gracias a la señalización de áreas específicas, el envío de notificaciones a los dispositivos de los usuarios que podrán, a su vez, compartir, entre otros. Tanto desde un punto de vista informativo como por ejemplo ofrecer explicaciones sobre servicios, mapas interactivos o propuestas de formación de usuarios en forma de juego, como comercial, como el de solicitar un libro en préstamo o comprarlo, adquirir una invitación o una entrada para un evento, entre otros, los *beacons* pueden, con muy poco, ofrecer mucho a los visitantes o usuarios de cualquier destino turístico o espacio cultural. Además, los *beacons* permiten interactuar de una manera social con otros usuarios, posibilitando la creación y consolidación de comunidades propias en todo tipo de instituciones. Este tipo de tecnologías de la web física pueden dotar a las entidades culturales de recursos para enriquecer la experiencia de visita de sus usuarios. (basado en Yuste, 2015).

2.2. Tipos de *beacon*.

2.2.1. Tecnología RFID.

El *Radio Frequency Identification* (RFID) utiliza etiquetas con un chip que contiene un Identificador Único, que permite mediante un lector UHF saber cuándo está cerca del lector la etiqueta. Existen diferentes tipos de etiquetas, pero se puede simplificar en activas (tienen una fuente de alimentación mediante la cual emiten su ID) y pasivas (envían la ID mediante la energía que reciben del lector UHF). El uso principal de las tarjetas RFID ha sido el de control de stock y gestión de almacenes, pero también se ha utilizado para control de flujo y anuncios personalizados. Un caso de éxito es el del centro comercial *Citycenter* de Helsinki (Swedberg, 2015), donde se repartieron unos llaveros con una etiqueta RFID a 14000 clientes, y se controló el flujo de estos en el centro comercial para poder conocer las horas punta y los hábitos dentro del centro comercial. También se usaron para mostrar publicidad personalizada en paneles cuando estos detectaban que una llave pasaba por su lado.

2.2.2. Tecnología WIFI.

El Wifi se ha convertido en el modo de conexión de datos inalámbrico predominante para las redes de datos locales, y está en prácticamente todos los teléfonos móviles que llevamos encima. El uso de Wifi para la localización en interiores tiene la ventaja de no necesitar ninguna interacción ni instalación por parte del cliente/visitante, ya que, si este tiene su wifi encendido, el sistema será capaz de identificarlo y de seguir sus movimientos. Esto es una intrusión en la privacidad, ya que no se solicita ningún permiso. El usar Wifi tiene la ventaja añadida de que si además de localizar la señal wifi del usuario como *beacon*, se ofrece

acceso a internet al cliente y si poder enviarle información personalizada vía wifi sin preocupación de la cantidad de datos enviada. Como desventaja podemos apuntar que su consumo eléctrico es muy alto, por lo que no encaja con uno de los requisitos del IoT, el bajo consumo.

2.2.3. Tecnología NFC.

Near Field Communication es un sistema de comunicación de corto alcance que utiliza la tecnología RFID para el intercambio de datos. Hoy en día está muy enfocado a los pagos *contactless*, pero se puede usar también con un enfoque en la experiencia de proximidad. Por ejemplo, Argos o Blueberry, que utilizaron el NFC para ofrecer información adicional a los clientes (Davis, 2014).

El gran inconveniente del NFC, además de la necesidad de acercar el teléfono al *beacon*, es que el NFC aún no está muy extendido en los teléfonos móviles, y además, Apple, que cuenta con una gran parte del mercado de teléfonos inteligentes, solo ve el NFC para los pagos y los dispositivos Apple no son capaces de leer *beacons* NFC.

2.2.4. Tecnología GSM.

Los sistemas GSM se basan en la posibilidad de emitir a una célula o antena móvil concretas un SMS. Esto se hace mediante SMS-CB (*Short Message Service - Cell Broadcast*) definido en el GSM 03.41.

Blewater, un gran centro comercial del Reino Unido, el sistema implementado por NTL les permitía localizar dentro del centro comercial todos los teléfonos y poder enviar SMS con publicidad a los números que lo autorizaran y estuvieran en el centro comercial (Wikipedia, 2015).

2.2.5. Tecnología Bluetooth.

El bluetooth es una especificación para comunicaciones inalámbricas que lleva desde el 2002 (cuando se lanzó la versión 1.1, la primera considerada estable) para conexiones basadas en radiofrecuencia en la banda de 2,4 Ghz, la misma que el Wifi. Pero los *beacons* Bluetooth no emergieron en el panorama tecnológico hasta el año 2013, en el que Apple presento *iBeacon* como un protocolo mediante el cual los dispositivos con iOS interactúan con los *beacons* Bluetooth Low Energy, permitiendo a las aplicaciones instaladas ejecutar acciones en base a la información obtenida, que no es más que un UUID o identificador único de usuario.

Un *beacon* BLE no es más que un dispositivo BLE que aprovecha el bajo consumo de la versión 4 de bluetooth en modo *broadcast*, para poder emitir un identificador que los dispositivos provistos de un chip compatible pueden leer.

El hecho de que las radios bluetooth están disponibles en la gran mayoría de dispositivos, y que por lo tanto a corto plazo la mayoría de teléfonos serán compatibles con Bluetooth Smart, hacen de esta tecnología una tecnología adecuada para su uso para las experiencias de proximidad en el sector turístico.

El hecho de tener que tener el bluetooth activo y una aplicación instalada puede ser una desventaja para usos en los que se quiere mostrar publicidad, ya que los usuarios suelen ser reacios a la publicidad normalmente. Esto cambia en el caso en el que el usuario no solo está predispuesto a recibir información adicional, sino que está interesado en ello como puede ser un acto cultural o una visita turística en un entorno desconocido, y esta desventaja pasa a segundo plano frente a la ventaja de obtener contenidos con valor para el usuario. El bajo consumo asociado a su estado *broadcast* o emisión es otro punto muy a su favor, ya que permite que el *beacon* se pueda colocar sin una fuente de alimentación.

2.3. *Beacons* BLE.

El Bluetooth SIG (*Bluetooth Interest Group*) es el grupo encargado de desarrollar el estándar bluetooth, y, por lo tanto, el que en el año 2010 presentó el *Bluetooth Smart* o *Bluetooth Low Energy* (la versión 4 del estándar) tomando como partida el *wibree* de Nokia (2006). BLE es una evolución del estándar bluetooth diseñado para el IoT, y por lo tanto con **un enfoque en el bajo consumo**.

Con la publicación del estándar 4 de Bluetooth (Bluetooth SIG, s.f.), se diferencian dos tipos de Protocolo Bluetooth dentro de la especificación, el Bluetooth BR/EDR (*basic rate/enhanced data rate*) y Bluetooth LE. El estándar cuatro se desarrolló con un enfoque completamente diferente al de las versiones anteriores, mientras las versiones de la uno a la 3 se enfocaban en conseguir cada vez mayores tasas de transferencia la versión 4 está enfocada a conseguir un bajo consumo, lo que hace que los estándares no sean retro-compatibles. Debido a esto, los dispositivos BLE no pueden comunicarse con los dispositivos BR/EDR ni estos últimos con los BLE, y por tanto, si necesitamos un producto que cubra todas las especificaciones, tendremos que tener un chip dual que permita comunicarse bajo los diferentes estándares. Al usar El Bluetooth LE la misma frecuencia de 2,4 GHz los dispositivos duales pueden compartir la

antena (si solo hay una antena no se podrán usar los dos protocolos al mismo tiempo).

El estándar define dos tipos de dispositivos Bluetooth, los dispositivos *single-mode* y los dispositivos *dual-mode*. Esto nos deja un escenario con tres tipos de chip, los compatibles con el estándar 2.x y 3.x (Bluetooth), los compatibles con el estándar 4.x (Bluetooth Smart) y los chips duales (Bluetooth Smart Ready).

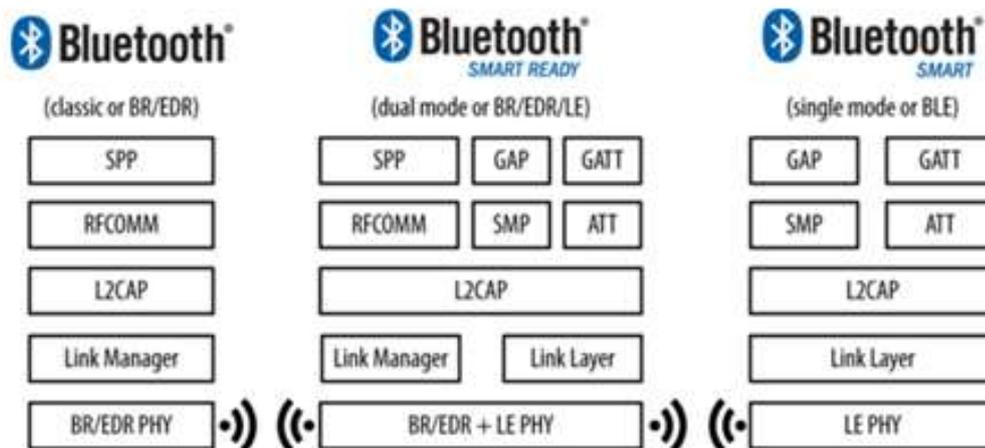


Ilustración 2. Tipos de chip Bluetooth (Kevin Townsend, 2014)

Mientras que con el Bluetooth BR/EDR conseguimos velocidades superiores a 3 Mb/s y hasta 100 metros de cobertura, con Bluetooth LE conseguimos tasas bajas de transmisión (inferiores a 1 Mb/s que tenía el estándar 1 de Bluetooth) y cobertura inferior a 50 metros.

A continuación, analizaremos la arquitectura del bluetooth Low Energy, lo que nos ayudará a desarrollar la aplicación a partir de los *beacons* bluetooth.

2.3.1. Arquitectura del BLE.

La pila de protocolos Bluetooth LE se divide en tres principales bloques:

- Aplicación o *Applicattion*. Son las aplicaciones de usuario que interactúan con el bluetooth.
- Anfitrión o *Host*. Esta parte de la pila contiene una capa de control de enlace lógico y de protocolo de adaptación "*Logical Link Control and Adaptation Protocol*", administrador de seguridad "*Security Manager*", protocolo de atributo "*Attribute protocol (ATT)*", perfil de atributo genérico "*Generic Attribute Profile (GATT)*" y perfil de acceso genérico "*Generic Access Profile (GAP)*"

- Controlador o *Controler*. Las capas más bajas, que incluyen la radio. Contiene la capa física "*Physical Layer*", el "*Direct Test Mode*", la capa de enlace "*Link Layer*" y la interfaz de control de host "*Host Controller Interface*".

Dentro de estos bloques las diferentes capas se distribuyen de la siguiente manera:

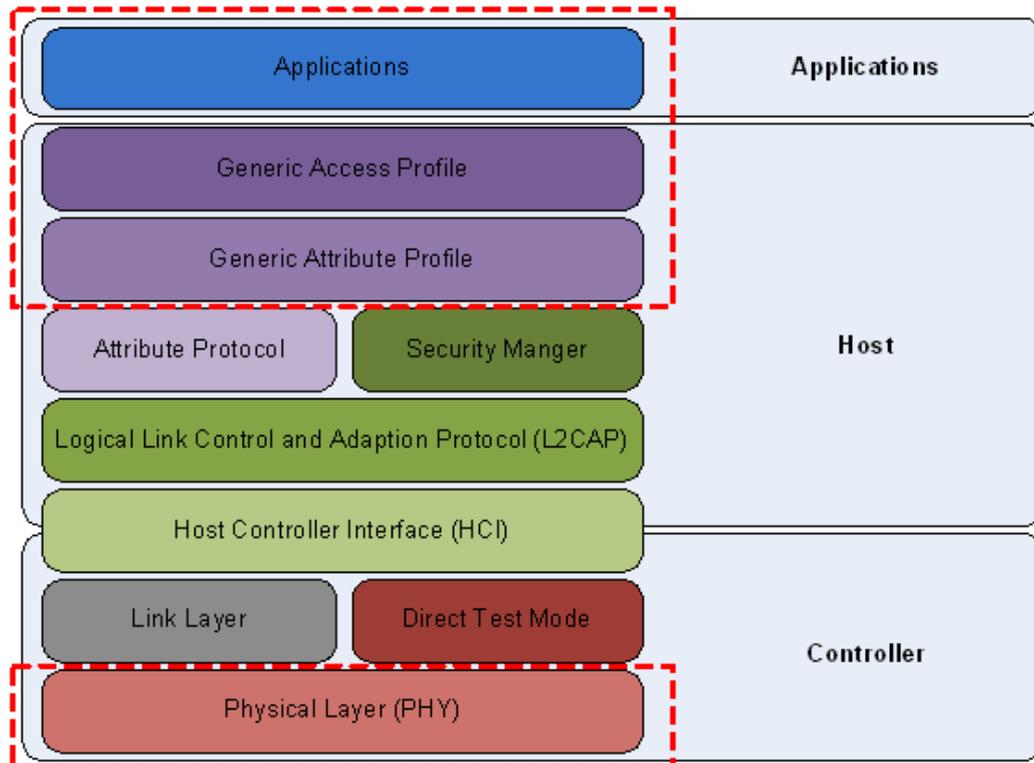


Ilustración 3. Capas funcionales de bluetooth (Woolley, 2013)

A continuación describiremos más en profundidad algunas de estas capas para comprender mejor como funciona el BLE y que lo hace idoneo para los sistemas de proximidad.

2.3.1.1. Capa Física (PHY).

La capa física comprende el circuito que integra la radio y convierte las señales radioeléctricas en información.

El BLE usa la modulación GFSK a 1Mbps (la misma que el Bluetooth BR con diferente índice de modulación). El BLE al igual que el Bluetooth BR/EDR utiliza la banda frecuencial ISM de 2,4 GHz (2402

MHz hasta 2480MHz), pero mientras Bluetooth BR/EDR tiene 79 canales, Bluetooth LE tiene 40. Cada canal tiene una anchura de 1MHz, y una separación de 2 MHz. De ellos 3 son canales dedicados a *advertising* y 37 para transmisión de datos.

Aquí encontramos una de las razones por las que **BLE es una tecnología apropiada para usarla como beacon**. Los canales usados en *advertising*, son los únicos que usarán los *beacons* ya que no se crean conexiones de datos entre los dispositivos y estos canales están estratégicamente situados para evitar interferencias con otras tecnologías que utilizan la misma banda de 2,4 GHz (como IEEE 802.11 o wifi, 802.15.4 o ZigBee u otros protocolos propietarios.). El BLE utiliza FHSS para reducir interferencias en los demás canales.

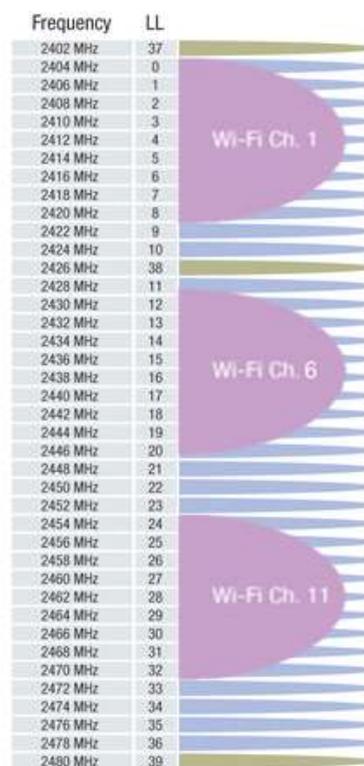


Ilustración 4. Frecuencias del Bluetooth Smart (Basado en Nilsson, 2011)

Como podemos observar, las tres bandas de difusión (37,38 y 39) están entre los canales 1, 6 y 11 del IEEE 802.11 (9 de los canales de datos también).

2.3.1.2. Capa de enlace (*Link Layer*).

Es la responsable de la comunicación a bajo nivel con la capa física. En ella se controla la secuencia y los tiempos de las tramas enviadas

o recibidas, por lo que trabaja en tiempo real y es la responsable de cumplir las restricciones de la especificación. Es la responsable de la estructura de los paquetes.

En esta capa se definen los siguientes roles:

- *Advertiser*: Un dispositivo enviando paquetes de *advertising*.
- *Scanner*: Un dispositivo escuchando paquetes de *advertising*.
- *Master*: El dispositivo central, desde el estado *standby*, pasará a este estado si quiere crear una conexión con el dispositivo que hace el *advertising*.
- *Slave*: Una vez pasado el estado *initiating* se llega al estado *connected* en el que estarán los dos dispositivos.

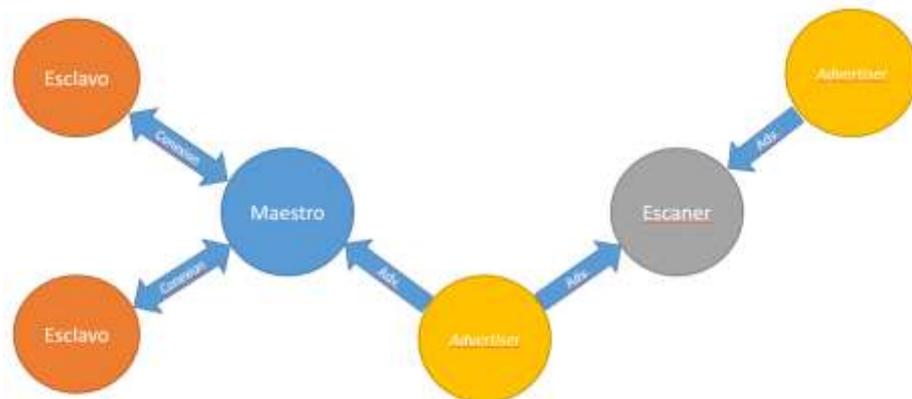


Ilustración 5. Capa de enlace (Link Layer) (Woolley, 2013)

BLE define dos tipos de roles para los dispositivos que están conectados, maestro y esclavo. El maestro es el encargado de determinar los tiempos de escucha del esclavo, y coordina el acceso al medio mediante *Time Division Multiple Access* (TDMA). También se encargará de definir el algoritmo de saltos de frecuencia y por lo tanto de crear un mapa de canales en el momento de crear la conexión, aunque también se puede cambiar durante el estado *connected* por diferentes motivos (como la existencia de interferencias).

Cuando los dispositivos están conectados se crean unidades de tiempo que no se superponen denominadas *connection events*. En cada *connection event* se mantiene el canal de transmisión hasta que se termina, y empieza siempre con una transmisión por parte del maestro que el esclavo ha de responder. Después se irán transmitiendo paquetes hasta que ninguno de los dispositivos tiene

paquetes para enviar, y los dispositivos no escucharán hasta que llegue el siguiente evento.

2.3.1.3. *Host/Controller Interface (HCI).*

Esta capa define la conexión física entre el *Host* y el *Controller* vía comandos HCI. La especificación define varias interfaces físicas: UART, 3Wire UART, USB y SDIO. Hoy en día existen SoC (*system-on-chip*) que integran *Host* y *Controller*, y en algunos casos la capa de aplicación.

2.3.1.4. L2CAP.

El L2CAP usado en BLE es el mismo que para el Bluetooth clásico pero optimizado y simplificado (lo hace en *Best effort* sin mecanismos de retransmisión y control de flujo que existen en el bluetooth clásico).

2.3.1.5. *Attribute protocol (ATT).*

Define la comunicación entre dos dispositivos con los roles de cliente/servidor. El servidor mantiene unos atributos que son una estructura de datos gestionados por el GATT, que es el que determina el rol de cliente servidor (que es independiente de los roles maestro/esclavo). El cliente demanda datos al servidor y este se los envía, pero el servidor también puede enviar datos no solicitados: notificaciones (no requieren respuesta) e indicaciones (requieren respuesta por parte del cliente). El cliente también puede pedir al servidor la creación de nuevos atributos.

2.3.1.6. *Generic Attribute Profile (GATT).*

Como se ha dicho, el GATT define el marco en el que el ATT para descubrir servicios, y el intercambio de características entre dispositivos. Una característica es un conjunto de datos que tiene atributos y valores. Es lo que hace tan abierto el BLE, el GATT permite definir mediante los atributos todo tipo de datos.

2.3.1.7. *Security Manager (SM).*

BLE utiliza el cifrado AES-128 estándar y utiliza un mecanismo de sincronización para la distribución de claves. El SM proporciona un mecanismo no sólo para encriptar los datos, sino también para proporcionar la autenticación de datos. Está diseñado para minimizar el consumo en los esclavos, asumiendo mayor capacidad en los maestros.

2.3.1.8. *Generic Access Profile (GAP).*

El Perfil de Acceso Genérico (GAP) define como los dispositivos interactúan entre sí en un nivel inferior. Está en el nivel superior de la pila de Bluetooth Smart, dado que especifica los roles del dispositivo, modalidades y procedimientos para el descubrimiento de dispositivos y servicios, la gestión del establecimiento de la conexión y la seguridad.

El GAP define cuatro roles para los dispositivos:

- *Broadcaster.*
- *Observer.*
- *Peripheral.*
- *Central.*

2.3.2. Topología de red: Redes sin conexión y con Conexión.

Como se ha definido, en BLE hay 4 tipos de roles definidos en el GAP. En base a estos, podemos tener dos escenarios posibles. Uno en el que los dispositivos no se conectan denominado **Broadcasting** o en Emisión, y en los que los dispositivos están siempre en emisión (broadcast) o observación (observer), y otro en los que los dispositivos crean una conexión y se da transferencia bidireccional de datos, **Connections** .

2.3.2.1. *Broadcasting.*

Como hemos dicho, los *beacons* son dispositivos que entrarían en el primer grupo, *broadcasting*. El *beacon* es un dispositivo que solo está en modo *broadcast*, y no escucha ni respuestas ni tiene capacidad de establecer una conexión. El otro dispositivo estará en modo observador, y será el que utilice los datos emitidos por el emisor, pero sin comunicarse con él, es una comunicación unidireccional de uno a muchos (cualquiera que esté a la escucha).

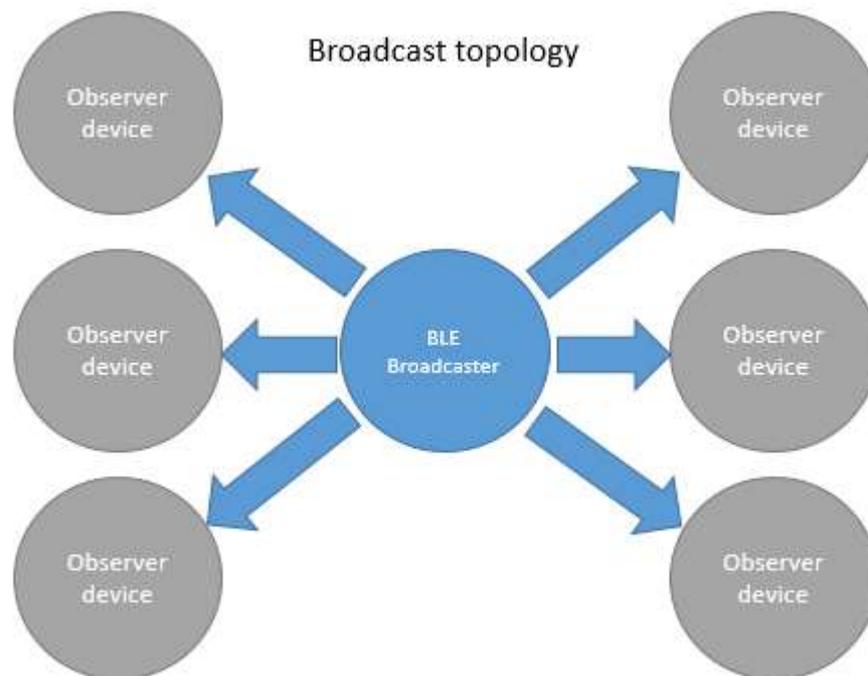


Ilustración 6. Broadcast topology (Kevin Townsend, 2014)

Figura 5. Basado en libro figura 1

- *Broadcaster*: Envía paquetes de *advertising* periódicamente para cualquiera que esté dispuesto a recibirlos.
- *Observer*: Escanea los canales de *advertising* para recibir cualquier paquete de *advertising* que se emita en su radio de alcance.

El paquete estándar contiene una carga útil de 31 bytes que se emplea para incluir datos que describen al emisor y su capacidad, pero también puede incluir cualquier información personalizada que quiera

transmitir a otros dispositivos. Adicionalmente, BLE también soporta una carga útil secundaria opcional (llamada *scan-response*), que permite a los dispositivos que detectan un dispositivo en emisión, soliciten una segunda trama con una carga útil adicional de 31 bytes, para un máximo de 62 bytes en total.

Una limitación importante del *broadcasting* en comparación con una conexión, es que no hay mecanismos de seguridad o privacidad (cualquier dispositivo observador es capaz de recibir los datos que están siendo transmitidos), por lo que no es adecuado para datos sensibles.

2.3.2.2. *Connections.*

Cuando se necesita crear una conexión que envíe datos en las dos direcciones, se necesite seguridad o mayor carga útil que los 62 bytes posibles en *broadcasting*, se usaran las conexiones.

En las conexiones encontramos los otros dos roles definidos en el GAP:

- *Central (master)*. Es el encargado de encontrar los dispositivos en *advertising* esperando una conexión, y por lo tanto de establecer la conexión pasando al estado *initiating* e iniciando la conexión para cada evento.
- *Peripheral (slave)*. Un dispositivo que está en modo *advertising*, y que una vez recibe una petición de inicialización, sigue las instrucciones del maestro para el intercambio de datos.

Cuando se ha establecido la conexión, el esclavo deja el modo *advertising* e intercambia datos de manera bidireccional con el maestro de forma segura.

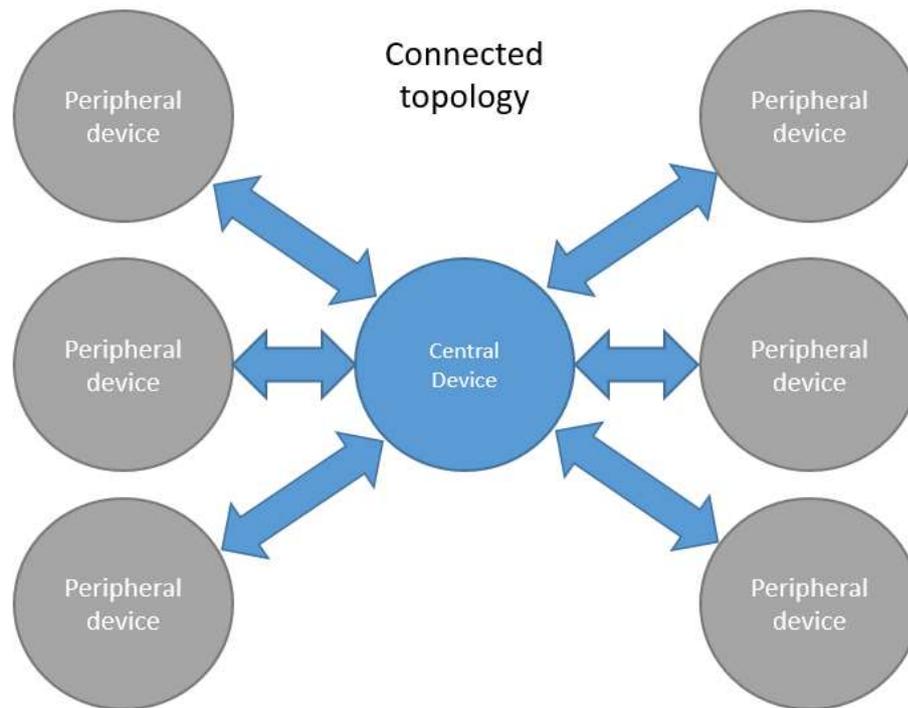


Ilustración 7. Connected topology (Kevin Townsend, 2014)

Desde la versión 4.1 del protocolo se han quitado las restricciones, y un periférico puede ser al mismo tiempo central o estar conectado a más de un central:

- Un dispositivo puede actuar como una central y periférico al mismo tiempo.
- Una central puede conectarse a múltiples dispositivos.
- Un periférico se puede conectar a múltiples centrales.

2.3.3.Estados

Los diferentes estados en los que puede estar un dispositivo son los siguientes:

- *StandBy*: El dispositivo no está ni emitiendo ni a la escucha, esta solamente a la espera.
- *Advertising*: el dispositivo que tiene el rol de emitir entra en estado de *Advertising* en el que envía paquetes de *Advertising*

en los canales de *Advertising*. También escucha respuestas enviadas por parte de los dispositivos que están en modo *scanning*, pero para el caso de los *beacons*, esto no es necesario. Este estado es de los más críticos desde el punto de vista del consumo, ya que hay que tener en cuenta que el tiempo de transmisión afecta al consumo de energía y por tanto el intervalo de *Advertising* afecta directamente al consumo de potencia y la vida de las baterías. El tiempo entre paquetes de *advertising* se conoce como *advertising event*.

- *Scanning*: En este estado un dispositivo recibe los paquetes de Advertising enviados a través de los canales de *advertising*. Este modo se usa para explorar dispositivos.
- *Initiating*: El dispositivo central, desde el estado *standby*, pasará a este estado si quiere crear una conexión con el dispositivo que hace el *advertising*.
- *Conected*: Una vez pasado el estado *initiating* se llega al estado *conected* en el que estarán los dos dispositivos.

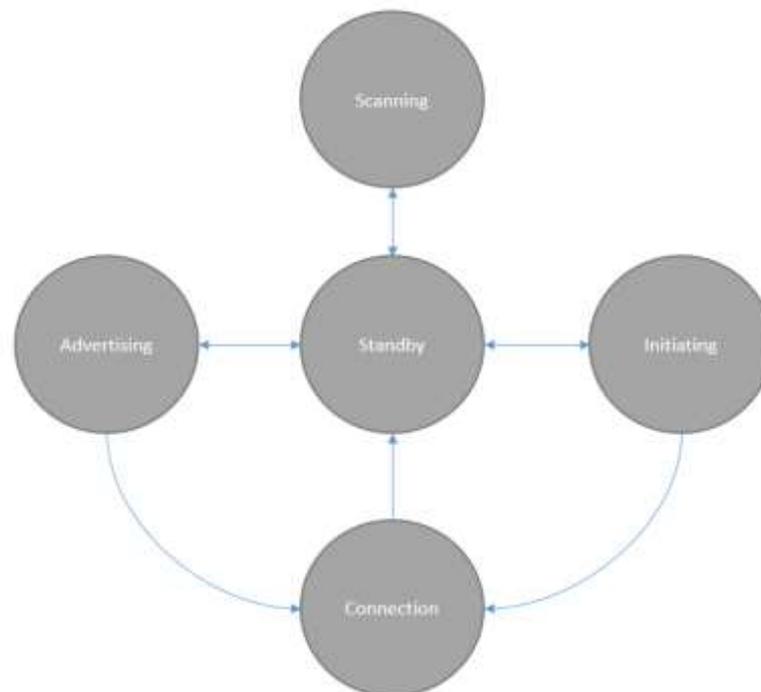


Ilustración 8. Diagrama de estados de la máquina de estados de la capa de enlace (Bluetooth SIG, s.f.)

2.3.4. Tasa de transferencia, consumo y consumo.

El Bluetooth low energy está diseñado con el foco en el bajo consumo, y para eso, se intenta tener la radio el mayor tiempo posible apagada. Por lo tanto, pese a una tasa de transferencia de 1 Mbps en el aire, a nivel de aplicación será menor. Con el intervalo de conexión mínimo definido en el estándar de 7,5 ms se consigue una tasa máxima de 125 kbit/s, pero aumentando el intervalo, se consiguen tasas aun menores y por tanto un menor consumo. Esto es bueno para los *beacons*, ya que dependiendo del tipo de finalidad que tengan, se puede aumentar mucho el intervalo (hasta los 4s que define la especificación del estándar).

Otro de los factores vitales en el consumo de energía, y por tanto en la duración de la batería es la potencia transmitida, lo que limita el rango de alcance del BLE. La potencia transmitida se puede configurar entre -30 y 0 dBm. Los *Beacon* comerciales actuales tienen rangos que llegan hasta los 70 metros, y el máximo teórico del BLE podemos situarlo en 150 metros en campo abierto con una corriente máxima de 15 mA.

2.3.5. Procedimiento de *advertising*.

El procedimiento de *advertising* es el procedimiento que hay que analizar cuando hablamos de *Beacons* BLE (aunque dependiendo de la aplicación podemos querer *Beacons* que sean capaces de crear una conexión). Durante el estado de *Advertising*, se envían paquetes de *Advertising* periódicamente en cada uno de los tres canales de *Advertising*. El intervalo de tiempo que separa el envío de estos paquetes es la suma de un intervalo fijo y un retardo aleatorio.



Ilustración 9. Advertising interval (Akhayad, 2016)

El intervalo fijo es el *Advertising Interval* y se puede configurar entre 20 ms y 10.24 s en pasos de 0.625 ms, excepto para los tipos *Non-connectable* y *Scannable* en los que como mínimo ha de ser de 100 ms.

El retardo es un valor aleatorio entre 0 ms y 10 ms que se añade automáticamente. Este último valor ayuda a reducir colisiones entre paquetes *Advertising* de dispositivos diferentes. De esta manera, BLE mejora la robustez del protocolo haciendo más fácil la búsqueda de los *Advertising* por parte del Scanner. El modo en que operan los *beacons* bluetooth es el **Nonconnectable advertising**, en el que los dispositivos emisores no reciben respuestas (balizas).

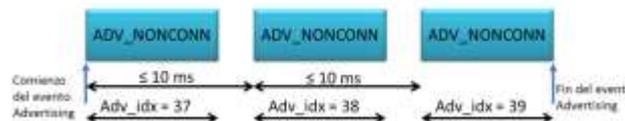


Ilustración 10. *Nonconnectable Advertising* (Akhayad, 2016)

El tiempo entre dos paquetes ADV_NONCONN enviados en canales consecutivos ha de que ser como mínimo de 10 ms.

También se define el *Discoverable advertising*, que no puede entrar en conexión, pero puede además de enviar *Advertising*, escuchar *Scan Request* de un *Scanner* activo y responder con un *Scan Response*. En este caso no solo se pueden enviar datos en los paquetes de *Advertising*, sino también se pueden enviar en paquetes *Scan Response*. Y por tanto puede ser utilizable para enviar información adicional.

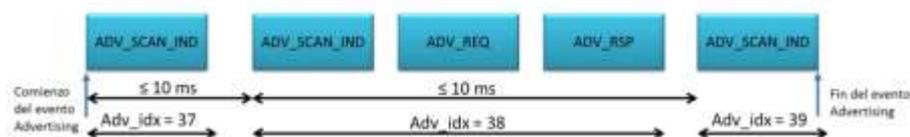


Ilustración 11. *Connectable Undirected Advertising* (Akhayad, 2016)

2.4. Protocolos *beacon* predominantes.

Pese a que el bluetooth LE está operativo desde el 2010, los *Beacon* bluetooth no se dieron a conocer hasta que en el año 2013 Apple presento los *iBeacon*.

Hay tres estándares o protocolos para *Beacons* con suficiente presencia como para considerarlos:

- **iBeacon** es el protocolo de comunicación desarrollado por Apple, que está soportado de forma nativa en iOS y tiene profundas integraciones con el sistema operativo móvil. Aunque el perfil *iBeacon* funciona en otros sistemas operativos móviles, funciona mejor en el entorno de la que fue diseñado: en iPhones y iPads. Tiene un intervalo óptimo de emisión de 100 ms y consta de una trama formada por cuatro datos:
 - **UUID:** es una traba de 16 bytes que contiene un Identificador único que será reconocido por la app instalada en el receptor. Solo si este UUID es reconocido por la app porá lanzar desde acciones a avisos emergentes.
 - **Major:** Una trama de 2 bytes que identifica un grupo de *Beacons* dentro de una compañía.
 - **Minor:** Una trama de 2 bytes que identifica un *Beacon* concreto dentro de un grupo de *Beacons* dentro de una compañía.
 - **Tx Power:** Se utiliza para determinar la proximidad (distancia) de la baliza. La potencia de TX se define como la intensidad de la señal exactamente 1 metro desde el dispositivo. Esto se ha de calibrar con antelación y luego los dispositivos lo pueden utilizar esto como una línea de base para dar una estimación de la distancia aproximada.
- **Eddystone** es el más protocolo *Beacon* más reciente, y fue presentado por Google a mediados de julio de 2015. El soporte del protocolo de *Eddystone* continúa creciendo rápidamente, y según informe de proxbook (unaCAST, 2016) del Q4 de 2015, *Eddystone* ha pasado de estar soportado por 51 empresas en el Q3 a 92 en el Q4. La tasa de adopción significativa indica que este protocolo tiene el potencial de convertirse en el nuevo estándar de la industria. El funcionamiento de *Eddystone* es parecido al de *iBeacon*, pero además de la posibilidad de la difusión de un UID, tiene otras funcionalidades extendidas. En *Eddystone* existen 3 tipos diferentes de protocolo: *eddytone-UID*, *eddytone-URL*, y *eddytone-TLM*. UID funciona más o menos como lo hace *iBeacon*. *Eddystone-URL* difunde una dirección URL que puede ser recibida por cualquier persona con un teléfono inteligente sin tener que tener una aplicación instalada, y *eddytone-TLM* transmite algunos datos de telemetría sobre cualquiera de los sensores conectados y el estado de la propia baliza.
- **Altbeacon**, publicado en 2014 por Radio Networks, es una especificación abierta para *Beacons* destinado a crear una industria de proximidad abierta y competitiva.

De estos protocolos, el *iBeacon* es considerado aún como un estándar, ya que además de llegar antes al mercado, lo hace integrado en el ecosistema

de Apple. Además, Android, como plataforma dominante en el mercado mundial, también lo soporta, por lo que es una buena opción. Aún es muy pronto para saber cómo evolucionará el mercado, pero todo parece indicar que *Eddystone* seguirá tomando fuerza teniendo por detrás a google y añadiendo funcionalidades al protocolo *iBeacon* sin restar las que este tiene.



Ilustración 12. Porcentajes de miembros de proxbox que soportan cada protocolo por trimestres (unaCAST, 2016)

Las diferencias entre los dos principales protocolos las podemos resumir en esta tabla:

Tabla 1. Diferencias entre los protocolos *iBeacon* y *Eddystone*

	<i>iBeacon</i>	<i>Eddystone</i>
Tecnología	Basado en la especificación de Bluetooth, está integrado en iOS 7 y superiores.	Es el protocolo de google para los <i>beacons open-source</i> .
Compatibilidad	Nativa en iOS y no nativa en Android.	Multiplataforma, es compatible tanto con Android como con iOS.
Perfil	Es un protocolo propietario y la especificación está controlada por Apple.	Es open source y está publicado en GitHub con licencia Apache v2.0.
Facilidad de uso	Es muy fácil de implementar por su simplicidad.	Al ofrecer tres tipos de datos, es más complejo de implementar.

Paquetes	UUID, major, miinor y TX power.	Eddystone-UID (igual que <i>iBeacon</i>), Eddystone-URL y Eddystone-TLM.
Uso	Cuando un dispositivo recibe un UUID, las apps que lo tengan implementado podrán consultar si el <i>beacon</i> lo reconocen y actuar si es así. Es necesario instalar la app.	Además del UID, el URL puede ser leído sin necesidad de una app específica instalada. En IOS mediante Chrome y en Android mediante el " <i>physical browser</i> ".
Seguridad	La señal transmitida es publica y cualquier dispositivo puede recibirla.	Eddystone tiene una característica incorporada llamada EIDs que constantemente cambia y permite a las balizas transmitir una señal que sólo puede ser identificada por los clientes autorizados.
API	Apple no tiene ningún API específica para la gestión de <i>IBeacons</i> . de software.	Eddystone tiene una ventaja aquí, ya que Google ha puesto en marcha dos APIs (<i>Nearby API</i> y <i>Proximity Beacon API</i>) lo que les da a las balizas <i>Eddystone</i> más posibilidades. Estas APIs hace la gestión de los <i>beacon</i> mucho más fácil.

2.5. Principio de funcionamiento.

El beacon funciona simplemente como una baliza emitiendo una señal continuamente. La trama de la señal transmitida se creará siguiendo las directrices marcadas por cada protocolo, y todos los protocolos cumplen con la especificación de bluetooth smart. Dentro de cada trama, está la información que utilizará el dispositivo para filtrar las señales BLE de *advertising* que cumplen con el estándar buscado.

Los dispositivos móviles con soporte BLE tienen en los principales sistemas operativos (iOS y Android) la posibilidad de detectar los protocolos compatibles (mayoritariamente *iBeacon* y *Eddystone*) siempre que la radio bluetooth este encendida. Aun así, será necesario siempre desarrollar una aplicación que haga uso de los beacon detectados por el sistema, y en función de si es un beacon asociado a la aplicación o no, interactuar con el usuario.



Ilustración 13. Esquema funcionamiento del sistema. Basado en (A. Corna, 2015)

Una vez que una aplicación detecta un beacon asociado, puede mostrar una información prefijada, mostrar algún aviso, o interactuar con servicios alojados en algún servidor remoto.

2.6. Productos comerciales.

El mercado de los *beacons* comerciales ha experimentado una explosión desde que Apple lanzó los *iBeacons*, y surgieron muchas compañías dedicadas a la venta de kits de desarrollo para *iBeacon*. Hay en día con un mercado menos maduro de empresas que ofrecen soluciones para grandes corporaciones para implementar flotas de *beacons*. La mayoría de las marcas que apostaron por *iBeacon*, han hecho compatibles con *eddystone* sus productos, con lo que se elija el protocolo que se elija hay una gran variedad (sobre todo teniendo en cuenta lo poco que hace que se lanzaron los protocolos *beacon*).

Según Maxus Global (MAXUS GLOBAL, 2016) en marzo de 2015 los principales productores de *beacons* fueron Estimote ¹(58,3 %), kontakt ² (18,7 %), roximity ³ (9,7 %), twocanoes ⁴ (7,3 %) y radius networks ⁵ (6 %).

De estos los dos con más cuota ofrecen ya soporte para *eddystone* (empezaron con *iBeacon*) y venden kits de desarrollo como plataformas para desarrolladores para poder crear tus propias aplicaciones.

Estimote ofrece kits de desarrollo entre 50 y 100 \$ desde su página web.

¹ <http://estimote.com/>

² <http://developer.kontakt.io/>

³ <http://roximity.com/>

⁴ <http://twocanoes.com/bleu>

⁵ <http://radiusnetworks.com/ibeacon-services.html>



Ilustración 14. Beacon estimote

Kontakt vende diferentes tipos de *beacon* con un precio 80 euros para un pedido mínimo de tres unidades. Pueden ofrecer *beacons* personalizados para una marca.



Ilustración 15. Beacon kontakt

Hoy en día existen infinidad de productos *beacon* en el mercado, y los más importantes tienen su propio entorno de desarrollo para poder sacar provecho a los *beacons*, con sus propias APIs, SDKs y herramientas para el desarrollo.

Todos los *beacons* integran en su interior chips BLE, como el nordic nRF51822, uno de los chips más usados y conocidos que está integrado en muchos de los *beacons* comerciales.

Nordic semiconductor ⁶ ofrece sus propios kits de desarrollo con este chip, con sus propias herramientas de desarrollo como apps para IOS y Android.

Hay otros importantes fabricantes de chips BLE como Texas Instruments con su gama CC26xx, el Dialog Semiconductor DA14580 o el Cypress Semiconductor PSoC 4 BLE / PSoC BLE.

⁶ <https://www.nordicsemi.com/>

El kit nordic específico para *beacons* BLE de nordic es el nRF51822-Bluetooth-Smart-Beacon-Kit ⁷.

Para el desarrollo de este trabajo voy a utilizar el nRF51822-Evaluation KIT ⁸, que es un kit de nordic que ya ha sido sustituido por el nRF51 DK ⁹, pero que cumple con los requisitos para poder crear un *beacon* BLE y analizar y depurar su comportamiento gracias a que tiene JTAG integrado.



Ilustración 16. nRF51822-Evaluation KIT

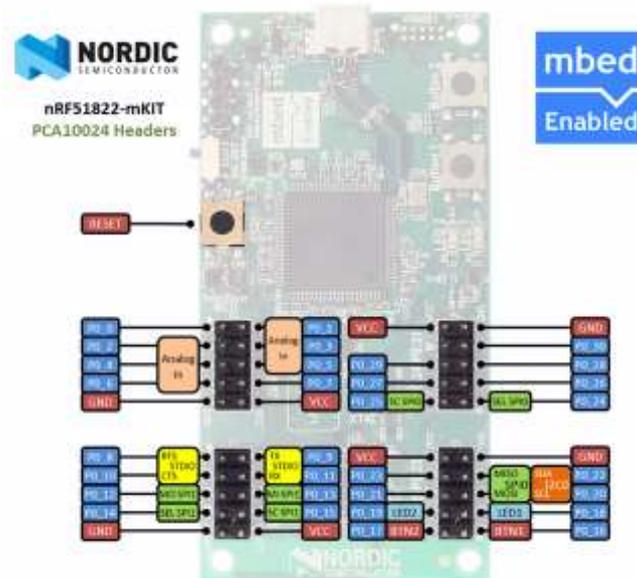


Ilustración 17. nRF51822.mkit

⁷<https://www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-Smart-Bluetooth-low-energy/nRF51822-Bluetooth-Smart-Beacon-Kit>

⁸ <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-R-low-energy/nRF51822-mKIT>

⁹ <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/nRF51-DK>

3. Uso de *beacons* en el sector turístico

Los Beacons están transformando la industria del viaje (Babu, 2015).

La tecnología *iBeacon* ha sido testigo de adopción a través de diversos dominios, desde el comercio minorista a la educación en los museos, en los últimos años. Aunque el sector del comercio minorista ha sido la pionera en la implementación de proyectos de *beacons*, la industria del turismo también ha visto una transformación significativa mediante el aprovechamiento de las *beacons*.

La tecnología *beacon* es cada vez más importante para el turismo, debido a las capacidades de hiper-localización y contextuales de los *beacons*. Estas características son de inmenso valor para los viajeros, así como para las empresas, centros e instituciones relacionadas con la industria del turismo. El incremento del uso de las tecnologías móviles por la población permite hacer uso de las mismas. Más del 70% de la población mundial hoy en día utilizan los teléfonos móviles y estas tecnologías se utilizan a lo largo de todo el viaje, constituyendo así una herramienta de gran potencial. Debido a la proliferación de teléfonos móviles y el hecho de que los teléfonos se llevan encima a lo largo del viaje, junto con el poder de los *beacons*, los viajeros ahora pueden descubrir una gran cantidad de experiencias mientras viajan, desde una navegación más fácil en los aeropuertos, hasta descubrir una nueva ciudad a través del acceso a los ricos y personalizados contenidos. Los *beacons* tienen un gran valor para los actores de la industria del turismo y la hospitalidad; los *beacons* tienen la capacidad de fuente de datos de los viajeros, en cuanto su ubicación física, actividades realizadas tiempo empleado e intereses personales, proporcionan una enorme ventana de oportunidad para dirigirse a los clientes con experiencias personalizadas y contextuales con el fin de garantizar el éxito del negocio. Por ejemplo, teniendo en cuenta los datos recogidos, los restaurantes y hoteles pueden utilizar *beacons* para recuperar cualquier pérdida de ingresos mediante la cumplimentación citas que no habían sido reservadas, o simplemente alertar a los viajeros cercanos de las ofertas existentes.

Los *beacons* han pasado a ser considerado como una solución para geolocalizar a los clientes o visitantes en espacios tanto abiertos como cerrados. Se trata de una tecnología de gran potencial para la industria turística, por lo que también cuenta con gran potencial para eventos (eventoplus, 2014).

De esta forma, los *beacons* pueden actuar a lo largo de toda la cadena de viaje, desde los aeropuertos, pasando por hoteles y hospitalidad, así como en los destinos o eventos turísticos. A continuación, se describirán algunos de los ejemplos de utilización de los *beacons* en el sector turístico. Para la

realización de estos sub-apartados se ha seguido la información encontrada en Babu (2015).

3.1. Aeropuertos

Los *beacons* proporcionan la puerta de entrada de los vuelos para asegurar una transición sin problemas de los pasajeros, desde la entrada, en la navegación y en el aeropuerto, con la recogida de equipajes en el puerto de llegada, hasta la salida.

Además, el uso de las tecnologías *beacons* en esta fase del viaje está en aumento. Los datos obtenidos en la Encuesta de Tendencias de TI de la aerolínea SITA mencionan que el 44% de las compañías aéreas aprovechará la tecnología *IBeacon* para mejorar sus servicios y conexiones con los clientes para el año 2018.

Aunque los casos más comunes de uso de *beacons* hoy incluyen notificaciones de vuelo y actualizaciones de puerta de embarque, muchos aeropuertos ya están utilizando *beacons* para ofrecer experiencias más ricas en todo tiempo estimado para el embarque, promociones libres de impuestos y mapas de navegación.



Ilustración 18. Información mediante *beacons*. Fuente: futuretravelexperience.com (Babu, 2015)

Recientemente, el aeropuerto **Chhatrapati Shivaji GVK Internacional (CSIA) en Mumbai**, puso en marcha una nueva aplicación que incluye una serie de funciones avanzadas, como la realidad aumentada y *beacons* para ayudar a simplificar la experiencia del pasajero. Mediante la selección de su vuelo en la aplicación, los pasajeros pueden optar por recibir notificaciones push en su vuelo específico. CSIA también planea continuar el desarrollo de

la aplicación, para incluir otros servicios como reserva de taxi y una función de recorrido virtual, que permitirá a los pasajeros experimentar diversas secciones del aeropuerto en sus teléfonos inteligentes.

El **aeropuerto de Changi en Singapur** ha instalado sensores de tierra y balizas que permitirán al aeropuerto para mantener informados a los viajeros (a través de sus teléfonos móviles y otros aparatos personales) del tiempo de viaje de una puerta de la aeronave, el tiempo de espera para el embarque y otra información importante. La aplicación también se utiliza para transmitir información a los pasajeros en diferentes idiomas



Ilustración 19. Imágen de la app del aeropuerto de Changi. Fuente: dribbble.com (Babu, 2015)

3.2. Hospitalidad: Hoteles, restaurantes y museos

La industria de la hospitalidad se ha construido en relación a las necesidades de los clientes. Los *beacons* ayudan a proporcionar servicios altamente personalizados e inteligentes a los clientes, sin aumentar el coste de la contratación y formación de nuevo personal. Permiten dar información en tiempo real entre los clientes y las personas y lugares en los que se están alojando o están consumiendo, enriqueciéndose mutuamente. Estas innovaciones incluyen desde ofrecer premios de fidelidad a aquellos que más visitan el alojamiento o el establecimiento, permitiendo el check-in automático y ofertas especiales.

Esta tecnología alimenta una serie de funciones valiosas para los hoteles y el sector de la hospitalidad, como por ejemplo de saludar a los invitados mientras a su llegada y la comunicación de mapas de rutas y de programas de fidelidad. Además, a través de las aplicaciones habilitadas con esta tecnología, los clientes pueden introducir sus preferencias y respuestas individuales, lo que ayudará enormemente al hotel en el mantenimiento de las relaciones de categoría superior. Los *beacons* pueden desarrollar

funciones valiosas para los anfitriones. Esto se realiza traqueando las preferencias de los huéspedes y teniendo en cuenta sus feedbacks.

En este sentido, **Atlantis en Dubai** ofrece un gran ejemplo de cómo los *beacons* pueden estar integrados en el sector de la hospitalidad, ofreciendo una experiencia interactiva y personalizada de invitados

Atlantis, un complejo de lujo en Dubai está utilizando tecnologías avanzadas, como los *beacons* y la realidad virtual para mejorar la experiencia del huésped y potenciar su imagen de marca.



Ilustración 20. *Beacons* en el resort Atlantis. Fuente: flickr.com

Atlantis ha colocado *beacons* electrónicos en toda la propiedad que interactúan con los clientes a medida que cruzan determinados puntos. Además, en la zona del acuario han diseñado un divertido y educativo juego explorador móvil que utiliza la tecnología *IBeacon* para comunicarse con los clientes en función de su ubicación dentro del acuario. La aplicación permite resaltar las joyas ocultas del acuario que podrían pasar por alto.

A continuación, se describirá brevemente la actividad de algunas cadenas hoteleras y de restauración (*beaconstac*, 2015).

- Marriott International. Esta cadena hotelera ha desplegado *beacons* en los lobbies y otras áreas del hotel para lanzar descuentos y ofertas atendiendo a una segmentación geográfica, mediante redes sociales tales como Facebook e Instagram, entre otros.
- Starwood Group. Esta cadena está implementando programas pilotos que permiten que los clientes entren en su habitación utilizando una llave virtual que reciben en su móvil.
- The James. Esta cadena ha introducido *beacons* para incluir una experiencia similar a un conserje, en el que se permite que los clientes

sugieran sitios para cenar, comprar y realizar otras actividades. Esta app también ofrece facilidades de check-in, servicio de habitaciones, reservas de spas y un botón para comunicarse con recepción.

- El grupo The Mook. Este grupo integró la tecnología *iBeacon* con una aplicación móvil para premiar a los clientes de los restaurantes. Los *beacons* identifican y siguen la pista de los clientes, y establece rangos en base al tiempo que pasan en el establecimiento. Aquellos que más tiempo hayan estado pueden recibir premios tales como bebidas gratis, etc.
- Eggcellent. Este establecimiento permite que los clientes encarguen la comida y la paguen mediante un sistema de pago utilizando la tecnología *iBeacon*. Para poder poner este sistema en marcha, dispusieron dispositivos bluetooth en cada mesa del restaurante. Los clientes de la mesa que acercan el móvil al dispositivo la aplicación del menú se abre y además del menú, ofrece información de los platos que sus amigos han identificado con un “like”, ya que esta aplicación está relacionada con las redes sociales.
- McDonalds. 26 franquicias en Georgia (EEUU) han integrado la tecnología *iBeacon* mediante una aplicación que permite que los consumidores mejoren la experiencia de consumo. En un primer periodo de prueba se enviaron ofertas especiales de dos productos a los clientes, incrementando así su consumo.

Beacons en Museos

Los museos siempre intentan estar en cabeza de las experiencias interactivas mediante tecnologías innovadoras. Los *beacons* ofrecen una oportunidad para hacerlo, mediante accesos a información digital añadida, tours auto-guiados etc. Los museos pueden educar a los visitantes de una forma más interactiva y significativa mediante el uso de los *beacons*. A continuación, se ofrece una breve descripción de algunos de los museos que han utilizados este sistema.

- Museo Nacional de Gales. Se trata de uno de los primeros museos en instalar un sistema de *beacons*. Este sistema se instaló para permitir a los visitantes acceder a una información mayor sobre las colecciones y además de ofrecer dicha información en dos idiomas. Esta información les llega a los visitantes a sus teléfonos móviles a lo largo de la visita.
- Museo de Brooklyn. En este caso, además de ofrecer información añadida sobre las exposiciones del museo, los *beacon* se utilizaron para interactuar con los visitantes, de forma que se añadieron cuestionarios para identificar formas mejores de ofrecer información, y permitieron que los visitantes realizaran preguntas mediante el componente de preguntas “ask”, recibiendo la respuesta de un experto en tiempo real.
- Museo de Groningen. Este es el primer museo de Holanda en implementar un sistema de *beacons*. Este sistema se ha utilizado para enviar contenido

interactivo a los visitantes que tengan la app. Los visitantes que no tengan sistemas móviles compatibles pueden alquilarlo en el museo.

- Museo Philips. Este museo, situado también en Holanda, ofrece un ejemplo de ludificación o gamificación de la experiencia. Los visitantes del museo están invitados a participar en el juego interactivo “Mission Eureka” en iPads. Se presentan retos educativos a los visitantes que tienen que solucionar, compitiendo contra otros visitantes.
- Museo de arte de Cleveland. En este museo crearon un sistema de 230 *beacons* para ofrecer información añadida y complementaria de las exposiciones del museo en formatos diferentes, tales como videos, imágenes, mediante su aplicación móvil.

3.3. Destinos turísticos

Aparte de los casos de uso más comunes de los *beacons* en aeropuertos y hoteles, los *beacons* también están transformando ciudades enteras en atractivos destinos turísticos. Por ejemplo, los turistas pueden ser alertados acerca de la información sobre la historia del lugar, horarios de transporte, actualizaciones meteorológicas y los servicios públicos en varios idiomas, y en momentos relevantes durante el día.

Por ejemplo, la aplicación DTJax está diseñado para ofrecer más información sobre los negocios como restaurantes y tiendas en Jacksonville; La aplicación ayuda a los usuarios explorar y experimentar el centro de Jacksonville en un nivel interactiva totalmente nueva. Así, pueden ofrecer una experiencia interactiva del usuario con el destino.



Ilustración 21. Beacons y destinos turísticos. Fuente: news.wjct.org

El uso de los *beacons* en los destinos turísticos también ha sido utilizado en Holanda, para construir una ciudad integrada con soluciones del viaje propias de una ciudad inteligente, mediante la utilización de 3000 *beacons*.

Corethree, un referente de la tecnología relativa a billetes móviles, ha lanzado recientemente su primera aplicación de viaje habilitado por *beacons*. La aplicación ha sido especialmente diseñada para Syntus - un operador de transporte holandés. Esta aplicación ofrece ofertas locales a los clientes, y promociones basadas en la geolocalización, además de ofrecer premios de fidelidad a los clientes que utilizan los servicios en momentos clave.

El uso de los *beacons* también se ha dado en **Queensland**, en donde se han instalado *beacons* en 13 destinos con el objetivo de atraer a una mayor cantidad de turistas. Queensland ha desplegado la red más grande de *beacons* en Australia. Se han instalado *beacons* en todo el estado en una iniciativa de turismo digital de señal para animar a los turistas a explorar Queensland. Esta iniciativa incluye la instalación de alrededor de 150 balizas en todos los 13 destinos de turismo de Queensland, en los aeropuertos, centros de información de los visitantes, los parques nacionales y otras atracciones turísticas populares.



Ilustración 22. Beacons y apps en Queensland. Fuente: speedwell.com.au

La aplicación “this is Queensland app”, 'Esta es Queensland aplicación' en castellano, envía información de forma automática a los usuarios de la aplicación. La aplicación envía información sobre las mejores cosas para ver y hacer en cualquier área de este territorio. Los *beacons* también serán utilizados en grandes eventos, para alertar a los asistentes a cerca de la información sobre el evento y el destino.

Los *beacons* ofrecen experiencias de viaje saludables mediante la integración de la diversión, información y elementos funcionales de los viajes. La industria del turismo actualmente está empezando a reconocer y aprovechar el potencial de la tecnología *IBeacon*, abriendo una puerta de entrada a la personalización, mejorando aún más la experiencia de viaje. Sin embargo, un aspecto clave en la industria deben tener en cuenta el viajero, quienes son los clientes finales para los cuales se ofrece la mejora de la experiencia, por lo que la tecnología se debe centrar en resolver los puntos débiles reales de los clientes, centrándose en las soluciones pertinentes y la creación de una razón de peso para los usuarios para descargar su aplicación.

3.4. Beacons y eventos

Los *Beacons* ofrecen una oportunidad de relacionar a los gestores con los asistentes y personalizar la experiencia. Los *beacons* se pueden utilizar para agilizar el proceso de registro, recibir feedbacks de las sesiones, ayudar a los asistentes a moverse en el lugar de encuentro y mucho más (*beaconstac*, 2015). Los *beacons*, esas pequeñas balizas estratégicamente colocadas en el lugar del evento (*venue*) y que emiten una señal, ayudando a mejorar la experiencia de nuestro asistente y poder interactuar con él más directamente

a lo largo del evento. Eventoplus (2014) ofrece algunos posibles usos de los *beacons* (eventoplus, 2014):

- a) Ofrecer contenido digital a los asistentes durante el desarrollo del evento. A través de los *beacons* se puede localizar a los asistentes de cada sesión y hacerles llegar en tiempo real las diapositivas utilizadas en las presentaciones, a un ebook, a un resumen de la sesión o cualquier contenido digital que se te ocurra.
- b) Registro y check-in al evento sin hacer colas. Tan sencillo como que el asistente haya descargado la app del evento, nada más se acerque al lugar del evento, los *beacons* detectarán la presencia del asistente y el check-in está hecho. Para acelerar el proceso aún más, los *beacons* se pueden situar justo en los tótems de impresión de los identificadores personales o badges para que según detectan al asistente se imprima su identificación al momento.
- c) Gamificación. Una buena forma de aumentar el compromiso de un asistente es introducir dinámicas de juego en el evento. Los *beacons* pueden ayudar lanzando preguntas o pequeños retos que el asistente debe cumplir. Por ejemplo, en una feria pueden señalar una serie de stands a visitar para conseguir puntos, cupones, algún descuento o simplemente una recompensa por complimentar el cuestionario de satisfacción.
- d) Networking. Se puede notificar a los asistentes cuando otros visitantes con intereses o perfiles similares estén en la misma sesión que tú. Incluso los *beacons*, a través de la app del evento, pueden sugerir un recorrido por el evento o feria para que el asistente pueda visitar los expositores que más se adecúan a sus intereses.
- e) Dirigir y guiar el tráfico de asistentes por el evento. Además de localizar qué puntos del lugar del evento son los más visitados o los puntos en donde se producen aglomeraciones, la ventaja interactiva del uso de los *beacons* está en que pueden hacer llegar avisos al asistente para avisar de que está a punto de empezar una sesión de su interés en la sala próxima a donde se encuentra. También sirve para guiarle por el recorrido correcto hasta llegar a un stand o sala determinada.

Las ventajas de utilizar tecnología '*beacon*' son enormes. Además, los usos pueden ser múltiples (Rebeca, 2015):

- Guiar a los asistentes por las diferentes salas del evento o congreso.
- Enviar a los participantes información adicional como pósters, comunicaciones, etc.
- Compartir con los asistentes información sobre productos a medida que van visitando los stands de los expositores.

- Posibilidad de realizar el check in o registro de los asistentes de manera automática a medida que acceden al recinto del evento o congreso.
- Impulsar la ‘gamificación’ aumentando así la participación de los asistentes enviando preguntas o retos a través de los ‘*beacons*’
- Facilitar el networking entre los usuarios, permitiendo acercar a una conexión directa a todos aquellos con intereses similares, por ejemplo.

Los beneficios no sólo son para los participantes, sino también para los organizadores, que podrán conseguir información clave sobre el comportamiento de los asistentes de un determinado evento o congreso.

Ejemplos de uso de *beacons* en eventos

De los eventos que han utilizado los *beacons*, se pueden mencionar los siguientes (*beaconstac*, 2015):

- SXSW: en el 2014 se situaron los *beacons* en lugares estratégicos del lugar de encuentro para permitir que los asistentes tuvieran un acceso fácil y rápido. Para ello los organizadores del evento pusieron códigos de registro rápido (Registration Quick Codes) mediante notificaciones a los teléfonos móviles de los asistentes. En el 2015 esto se desarrolló aún más, y dispusieron más de 1000 *beacons* para desarrollar una red entre los asistentes. Esto permitió que los miembros de la audiencia identificaran quienes estaban atendiendo las sesiones y para permitir que se comunicaran con otros participantes del evento.
- El Festival de cine de Cannes: en 2014 se dispusieron *beacons* para permitir que los asistentes pudieran conectar con personas de influencia cercanos. El objetivo de la aplicación era el ofrecer una experiencia personalizada de contenidos y encuentros a los asistentes. En 2015, utilizaron aplicaciones para detectar los asistentes e identificar de forma automática como favoritas las sesiones en las que pasaban más de 15 minutos. Adicionalmente la aplicación incluía elementos de redes sociales como LinkedIn para identificar cuáles de los contactos de los asistentes había identificado las mismas sesiones. Además, los *iBeacons* se utilizaron para ofrecer recomendaciones basadas en los perfiles y preferencias de los usuarios para ofrecer experiencias más personalizadas.
- CES (Consumer Electronics Show) 2014: Uno de los mejores ejemplos de ludificación o gamificación de eventos es la *iBeacon-powered Scavenger Hunt* de este evento. Los usuarios fueron dirigidos a la página de instrucciones tras descargar la aplicación móvil CES 2014. Mediante la aplicación, los asistentes exploraron las exhibiciones más importantes, y fueron recolectando identificadores de cada uno de los *beacons* que encontraron. Finalmente, premiaron a los tres primeros usuarios en recoger todos los identificadores.

- Chicago Auto Show 2015: en este show se utilizó la tecnología *beacon* para atraer a los asistentes a proveer tanto a los organizadores como a los que exhibidores una información detallada sobre el show mediante el rastreo. Los *beacons* actuaban tanto activamente como pasivamente con la aplicación y para ofrecer una experiencia interactiva al consumidor. Así, los asistentes fueron recibiendo notificaciones push sobre los eventos y apariciones, así como mensajes personalizados.

Beacons en lugares de encuentro (venues) al aire libre

Los *beacons* también tienen un gran potencial para transformar lugares de encuentro en grandes espacios abiertos en entornos interactivos y contextos sensibles (context-aware). Los *beacons* pueden utilizarse en grandes estadios como lugares de conciertos, tal y como se muestra a continuación (*beaconstac*, 2015).

- MLB (Major League Baseball). En el 2014, se utilizó la tecnología *iBeacon* para ayudar a los espectadores a llegar al estadio, así como para llegar a su asiento. Desde que el usuario adquiría la aplicación en su móvil, empezaba a recibir información relativa al estadio y experiencias interactivas de ver el partido, etc.
- NFL (National Football League). En este caso, los *beacons* han sido utilizados en la Super Bowl, para la orientación de anuncios en los móviles. Los *beacons* fueron instalados inicialmente en el estadio MetLife y en el Times square de Nueva York, lugar en el que el partido se estaba retransmitiendo. La aplicación móvil del NFL enviaba notificaciones y anuncios personalizados para llegar a los consumidores potenciales durante el partido, enviando notificaciones basadas en su localización y dirigiéndolos a lugares de merchandising, exhibiciones de NFL, etc.
- Wimbledon. Los organizadores de este torneo empezaron a utilizar ensayos de *beacons* en las estaciones de metro cercanos al evento para comunicar información importante a los asistentes. Aquellos que tuvieran la app Wimbledon recibirían información de las horas de los partidos y la ruta para llegar al estadio, si es que tenían el ticket del torneo.
- Festival de Música Bonnaroo. Desarrollaron un sistema de 100 *beacons* en los lugares de conciertos y entradas al lugar, pero estos *beacons* fueron utilizados para crear entornos interactivos de experiencias entre los asistentes. Así, recibían mensajes basados en la proximidad, pero de una forma no intrusiva.
- Zoo y Jardines Botánicos de Los Angeles. Los *beacons* se han utilizado en este caso como forma revolucionaria de que los visitantes interactúen y aprendan a cerca de los animales y su hábitat natural. Mediante la aplicación móvil "Rainforest of the Americas" acceden a la información en formatos diferentes (audio, imágenes...) a medida que avanzan por el

zoo. Esta aplicación además permite que el visitante se descargue el contenido para llevarlo a casa.

- Golden State Warriors. Este equipo de baloncesto desarrolló un sistema de *beacons* para conectar con los fans mediante la aplicación móvil. Colocaron los *beacons* en las entradas para darles mensajes de bienvenida y contenido exclusivo, además de mejorar los asientos.

4. Sistema de control de flujo e información en actividades turísticas/culturales

Se propone un sistema para su uso en el sector turístico, para dar información de valor añadido y monitorizar el flujo de visitantes/turistas en una ciudad. Como ejemplo de uso se aplicará a eventos culturales y atracciones turísticas en Donostia – San Sebastián como propuesta para su uso dentro de la capitalidad cultural europea durante el año 2016 ¹⁰.

4.1. Propuesta

En el marco de la capitalidad cultural de Donostia – San Sebastián en el 2016, se ha programado una gran cantidad de eventos, muestras y actos culturales que tienen como finalidad atraer durante todo el año de la capitalidad a turistas de todo el mundo, añadiendo el factor cultural a los reclamos turísticos que ya tiene la capital Guipuzcoana. Existe una amplia programación y en este entorno los *beacons* bluetooth ofrecen una gran oportunidad para los visitantes y para los organizadores.

Se pretende situar balizas bluetooth en los puntos de interés de la ciudad, tanto en puntos singulares como en lugares donde van a tener lugar los actos programados.

La funcionalidad del sistema será la siguiente:

- Las balizas emitirán una señal en formato Eddystone-UID, es decir, estará formada por 16 bytes (10 del identificador del Donostia2016 y 6 del identificador del *beacon*). Se escoge este protocolo por tener soporte oficial en las plataformas iOS y android y ser un protocolo abierto.
- La localización se hará por proximidad, ya que no es necesaria gran precisión en el posicionamiento del visitante. No se plantea una

¹⁰ <http://dss2016.eu/es/>

aplicación museística, con lo que no habrá más de un *beacon* en un sitio, por lo que las distancias que se controlarán serán “far” y “near”. Con esto sabemos si un visitante pasa por un lugar de pasada o si se ha acercado a un evento/sitio de interés.

- Si un visitante pasa lejos y se le detecta (“far” para el sistema, ya que se considera que no se ha acercado lo suficiente) en un *beacon* donde esté previsto un acto en la programación o haya un punto de interés (vendría a ser un acto que siempre está programado) se le notificará al visitante información sobre el acto o lugar de interés: acto programado, horarios, información sobre punto de interés o enlaces a webs externas. El sistema tendrá en cuenta si el visitante recibe la información, y si es así, si decide quedarse.
- Si un visitante se acerca más (“near”) al punto donde hay algo programado, el sistema entenderá que está interesado en el acto, y lo contabilizará como asistente. Además, según el tipo de acto podrá darle información adicional a la ya mostrada al ser detectado lejos.
- La aplicación mostrara la siguiente información dependiendo del caso:
 - Si es un punto de interés, mostrara la información general sobre el sitio, enlaces externos sobre el sitio de interés, y puntos de interés cercanos.
 - Si es un acto mostrara la hora de comienzo (del siguiente acto programado en el lugar), duración e información sobre el acto (participantes, enlaces externos etc.).
- En todos los casos se permitirá mostrará la localización del acto/punto de interés en el mapa, pero no se hará una localización por medio del *beacon*. Como hemos dicho no es necesaria precisión, y se utilizará la aplicación de mapas del dispositivo para geolocalizar el beacon.

4.1.1. Ubicación de beacons

Se ha creado un mapa para la capitalidad Cultural, donde se detallan los puntos de interés dentro de la ciudad. Se ubicará un beacon en cada uno de estos puntos y en los dos en los “espacios DSS2016”, 45 beacons en total. Los beacons se ubicarán en una posición central del punto de interés o en la puerta de entrada si es un edificio.



Ilustración 23. Mapa de los puntos de interés.

4.1.2. Rango de detección.

Se diferencian dos zonas de detección, *far* y *near*. Los usuarios que entren en la zona *far* serán notificados y enviarán información de su paso. Los usuarios que entren en la zona *near*, si permanecen en ella más de cinco minutos, enviara una notificación al servidor de que se ha asistido al evento. Al no ser una aplicación de posicionamiento las mediciones de distancia se hacen mediante la lectura del valor RSSI y son aproximadas, se medirá el valor medio RSSI de los beacons con la configuración elegida a aproximadamente 20 metros, y se considerará que está *near* siempre que el valor sea menor a ésta media.

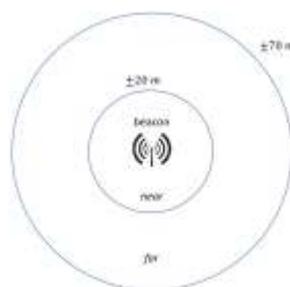


Ilustración 24. rango de los beacon.

4.1.3. Esquema del sistema.

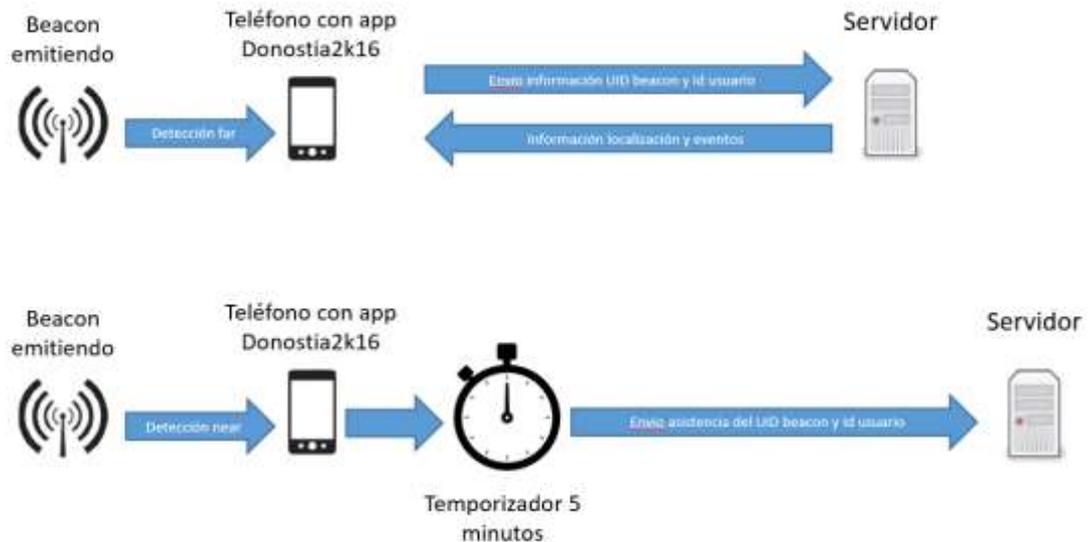


Ilustración 25. Esquema de detección.

4.1.4. Aplicación de usuario.

La aplicación de usuario tendrá en pantalla principal desde la que se accederá a tres partes diferenciadas:

- Programación. Podrá consultar la programación general, con todos los actos y horarios. Este apartado será independiente de los beacons.
- Información. Donde estará la información genérica sobre la capitalidad.
- Avisos. Donde estará la información de los actos detectados. Cuando se haga click en la notificación, abrirá esta parte de la aplicación.

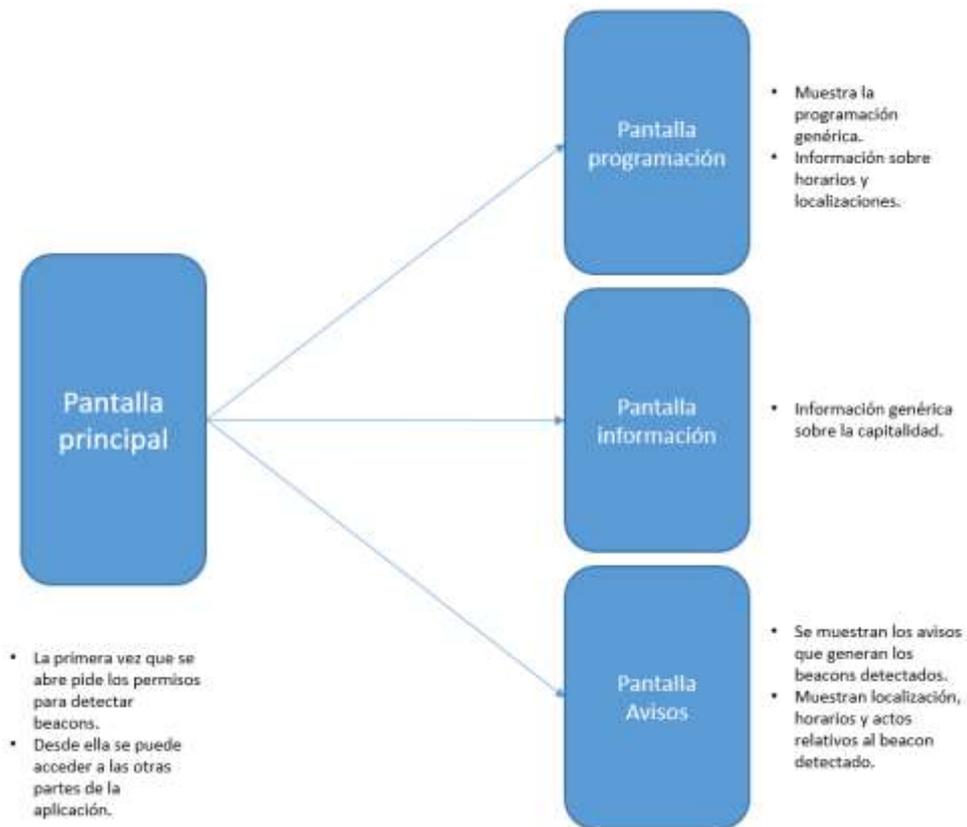


Ilustración 26. Aplicación de usuario.

4.2. Presupuesto.

En base a las necesidades, se valora el coste de implementar el sistema utilizando beacons de kontakt y desarrollando una aplicación tanto para android como para IOS.

Tabla 2. Presupuesto.

PRESUPUESTO Donostia2K16			
concepto	Ud	Precio Unitario	Total
Beacons Kontakt.	45 ud	18	810,00 €
Configuración Beacons y calibración.	20 horas	45	900,00 €
Instalación de los beacons.	30 horas	35	1.050,00 €
Diseño gráfico apps	20 horas	40	800,00 €
Desarrollo app Android	85 horas	45	3.825,00 €
Desarrollo app iOS	70 horas	45	3.150,00 €
TOTAL			10.535,00 €

5. Implementación del Sistema

Para la implementación del sistema se hace una prueba piloto en Pasai Donibane, con la utilización de una placa programable para implementar los beacon y el uso de un dispositivo android compatible con BLE.

5.1. Componentes del sistema

Para la implementación del sistema se implementarán diferentes *beacons* sobre el nRF51822 EK de nordic semiconductor. La placa disponible (PCA100001 rev2.0.0) tiene la primera revisión del chip, y según la matriz de compatibilidad proporcionada por el fabricante, no es compatible con versiones superiores a la 4.4.2 del SDK de Nordic, y sólo es compatible con el SofDevice S110 hasta la versión 5.2.1.

Para hacer funcionar el chip BLE de la placa, además del SDK es necesario usar el SoftDevice, librerías precompiladas (que proporciona el fabricante mediante un archivo hex) que implementan la tecnología Bluetooth LE y que permite separar la pila Bluetooth de la aplicación, que se desarrolla mediante el SDK proporcionado.

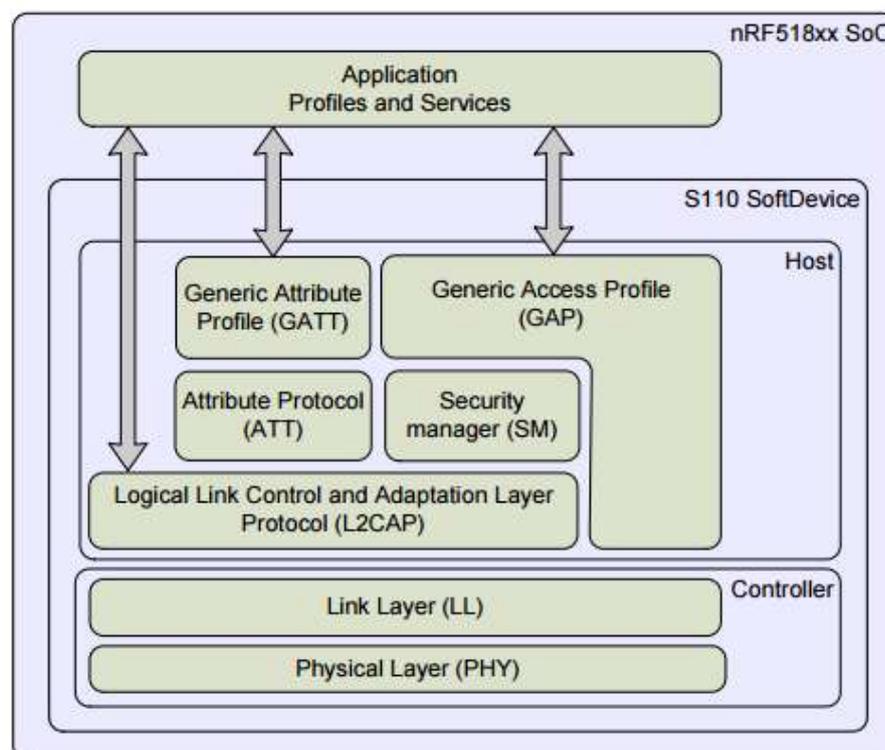


Ilustración 27. Pila del protocolo BLE en el chip nRF51822 (Nordic Semiconductor, 2013)

Para la implementación real del producto se escoge el fabricante Kontakt. Este fabricante europeo usa el mismo chip RF51822 de nordic semiconductor, y se puede solicitar tanto para funcionar con el protocolo *iBeacon™* como *Eddystone™*. Mediante la app Kontakt.io Proximity Admin App se pueden configurar de manera inalámbrica los *beacon*, tanto obtener/modificar la configuración de los mismos como conocer el estado del *beacon*.

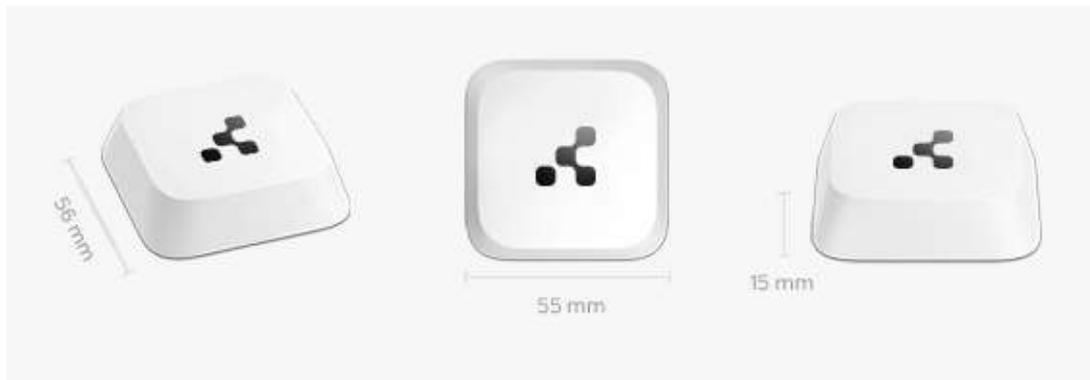


Ilustración 28. Beacon kontakt

El smart *beacon* es un *beacon* de kontakt que satisface las necesidades del proyecto: es compatible con el protocolo *Eddystone*, se puede configurar para una potencia de transmisión comprendida entre -30 dBm y 4 dBm, y a su vez permite intervalos de transmisión entre 20 ms y 1000 ms.

Para una aplicación de posicionamiento, con seguimiento del camino recorrido, la recomendación es una relación de 200 ms y -12 dBm (para el caso de *eddyStone*), pero para este caso, no es necesario un seguimiento de camino, sino de detección de presencia. Por lo tanto se puede combinar para llegar al alcance máximo de 70 metros con un Tx de 4 dBm y un intervalo alto para compensar el consumo del *beacon*.

En el presupuesto se ha contemplado el precio de comprar 45 smart beacons.

Kontakt dispone de diferentes kits de desarrollo (SDK) tanto para IOS como para android para facilitar la implementación de apps, ya sea integrándolo en aplicaciones existentes como creando aplicaciones nuevas de una manera sencilla. También dispone de una API para poder integrar el control de los *beacons* en cualquier aplicación de la que disponga la empresa si no se quieren utilizar las herramientas proporcionadas por Kontakt.

Para interactuar con los usuarios, se crearán aplicaciones tanto para IOS como para Android (principales Sistemas Operativos en teléfonos inteligentes), pero para el desarrollo del proyecto, se utilizará un dispositivo Nexus 5 de LG para el cual se creará con Android Studio una aplicación para interactuar con los *beacon*. Se usará la API de android en su versión 23, para Android 6.0 Marshmallow, que es el sistema operativo que tiene el teléfono.

5.2. Software necesario

Para el entorno de desarrollo se cuenta con un PC con Windows 10 pro x64.

Para la configuración del nRF51822 EK, son necesarios los siguientes programas:

- **Keil uVision 5**, la versión de evaluación descargada de <https://www.keil.com/demo/eval/arm.htm>.
- **J-Link** de segger, compatible con el IDE Keil, descargado de <http://www.segger.com/jlink-software.html>.
- **SDK** de Nordic Semiconductor. Por la limitación del HW disponible, que es una versión descatalogada, se utiliza la versión 4.4.2 en vez de la última disponible.
- **NRFgo Studio** para cargar el SoftDevice y la aplicación *Beacon* en la placa, descargado de https://www.nordicsemi.com/chi/node_176/2.4GHz-RF/nRFgo-Studio.

Para el desarrollo de la aplicación para móvil:

- **Android Studio 2.1.1**, que se puede descargar de <https://developer.android.com/studio/index.html?hl=es>.

5.3. Programación del beacon

Se define como ha de ser la trama que emitirá el dispositivo y se programa mediante uVision la aplicación beacon.

5.3.1. Estructura de la trama.

Para programar el *beacon* en el chip nordic, lo primero es definir como es la trama que ha de emitir el *beacon*.

La especificación Bluetooth define el paquete de nivel superior en Bluetooth LE con dos unidades de datos. El paquete en sí tiene varias partes que incluyen un preámbulo y dirección de acceso, así como un CRC.

La unidad de paquete de datos para del advertising channel (advertising channel PDU) incluye un encabezado de 2 bytes y una carga útil que varía de 6 a 37 bytes. La longitud real de la carga útil se define en el campo Longitud de 6 bits en el encabezado del PDU.

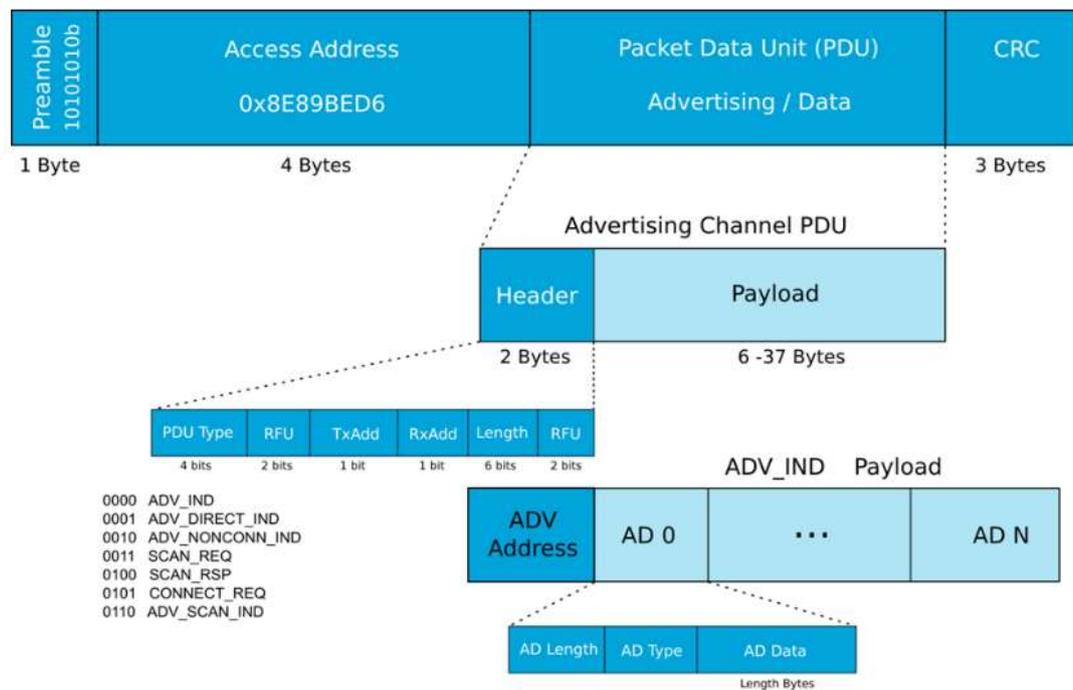


Ilustración 29. Paquete de nivel superior en BLE (Argenox, s.f.)

Como se ha dicho en el punto 2.3.5, un *beacon* solo necesita transmitir en modo *advertising* un paquete `ADV_NONCONN_IND` (no conectable y no dirigido), aunque los modelos comerciales permiten conexiones BLE para poder configurar los *beacon* de manera inalámbrica por lo que utilizan el tipo `ADV_IND`.

En los dos casos, la carga útil se divide en AdvA (6 bytes) y AdvData (0-31 bytes). El primero se refiere habitualmente a la dirección MAC de Bluetooth, aunque puede cambiar a voluntad. El segundo tramo son los datos de *advertising* en sí, y pueden tener una estructura diferente dependiendo del tipo de datos que queramos publicar (lista completa en la especificación).

La especificación del protocolo *Eddystone* (Google, 2015) nos dice cómo ha de ser el AdvData:

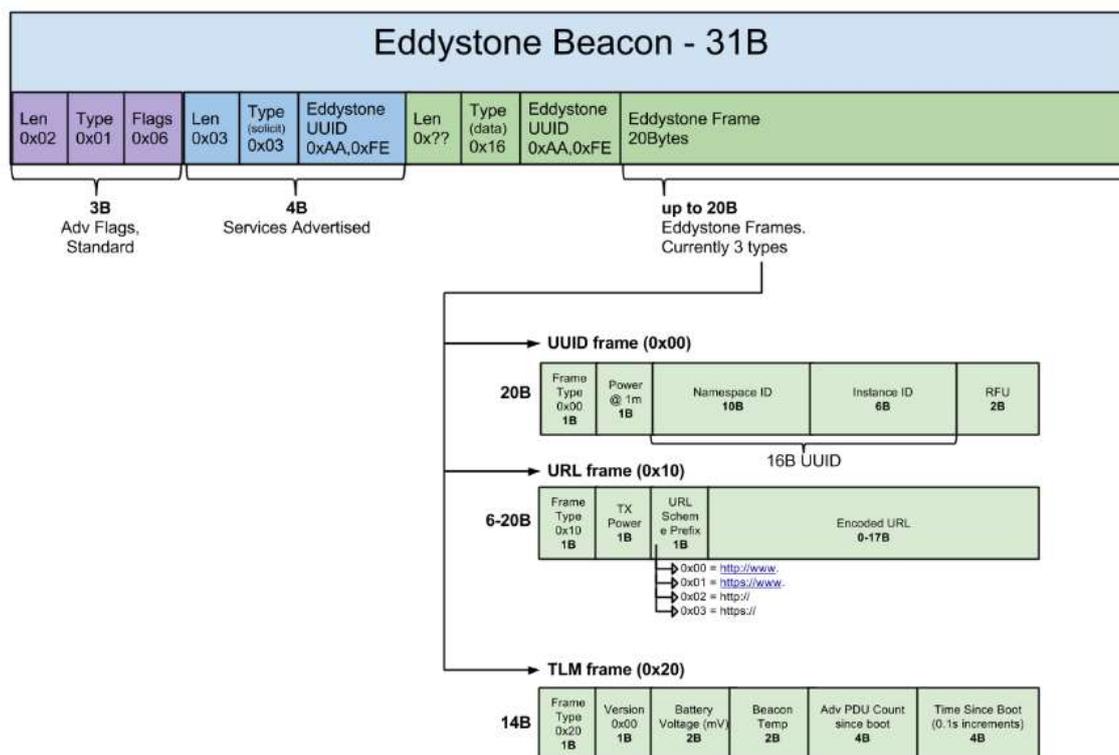


Ilustración 30. Trama advertising Eddystone. (Want, 2015)

Para eddystone UID el diseño de la trama UUID es:

Tabla 3. Trama UID. (Google, 2015)

Byte offset	Field	Description
0	Frame Type	Value = 0x00
1	Ranging Data	Calibrated Tx power at 0 m
2	NID[0]	10-byte Namespace
3	NID[1]	
4	NID[2]	
5	NID[3]	
6	NID[4]	
7	NID[5]	
8	NID[6]	
9	NID[7]	
10	NID[8]	
11	NID[9]	

Byte offset	Field	Description
12	BID[0]	6-byte Instance
13	BID[1]	
14	BID[2]	
15	BID[3]	
16	BID[4]	
17	BID[5]	
18	RFU	Reserved for future use, must be 0x00
19	RFU	Reserved for future use, must be 0x00

Se especifica que la longitud siempre ha de completar los 31 bytes, por lo que la longitud siempre será 0x17 y RFU, aunque no se use no se podrá obviar.

5.3.2. Aplicación en uVision.

Para crear la aplicación *beacon* para el Nrf51882, utilizamos como base el proyecto creado por Alex Van Boxel (Boxel, 2015), donde está desarrollado el código necesario para que la placa funcione como un *beacon Eddystone*.

Partiendo de la base de este proyecto, que implementa el protocolo *Eddystone* sobre el chip, se modifican los parámetros necesarios para poder funcionar según las especificaciones en el main.c:

- Potencia de transmisión: La potencia máxima de transmisión admitida por el chip es de 4dBm.

```
...  
#define TX_POWER          4  
...  
err_code = sd_ble_gap_tx_power_set(TX_POWER);  
    APP_ERROR_CHECK(err_code);  
...
```

- Intervalo de transmisión: 500 ms, que es un intervalo suficiente para la detección del *beacon* y compensa en parte la potencia de transmisión alta.

```
...
```

```
#define NON_CONNECTABLE_ADV_INTERVAL MSEC_TO_UNITS(500,  
UNIT_0_625_MS)
```

```
...
```

- de los primeros 10 bytes del SHA1 del dominio (se usa el dominio *aacdt.net*), quedando como *UID namespace* “8e7da3e8819cfc8d92e5” y como *UID instance* se usarán valores aleatorios para cubrir los puntos a emular (“AAAAAAAAAAAA”, “AAAAAAAAAAAAAB”...).

```
...
```

```
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = APP_MEASURED_RSSI;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0x8E;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0x7D;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0xA3;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0xE8;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0x81;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0x9C;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0xFC;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0x8D;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0x92;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0xE5;
```

```
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0xAA;  
encoded_advdata[(*len_advdata)++] = 0xAA;
```

```
...
```

Se publica en github el código de la aplicación¹¹.

5.4. Programación de la aplicación móvil

Se configura el entorno para poder trabajar con los equipos disponible y se desarrolla una aplicación utilizando como base los ejemplos de aplicaciones de google.

5.4.1. Configuración y ejemplos.

El Android Studio tendrá todas las herramientas actualizadas a la versión del API nivel 23, que es la que tiene el Nexus 5 que se va a usar como dispositivo de prueba.

¹¹ <https://github.com/arkaitzarregi/BeaconApp>

Existen diferentes opciones de cara a enfocar la detección de los *beacon*. Tanto Nordic Semiconductor como Konkat, tienen librerías y ejemplos específicos que ayudan a programar la aplicación.

Nordic Semiconductor tiene un ejemplo de aplicación para detectar y configurar *beacons* Eddystone en github¹². Esta aplicación sirve para configurar la placa nRF51822 y para poder detectar y realizar acciones con los *beacons* Eddystone. Para ello hace uso de las APIs *Nearby* y *Proximity* de google, mediante las cuales podemos guardar la información relativa a un *beacon* en la nube mediante REST y poder recopilar usar esos datos para la detección de *beacons* y la ejecución de acciones en base a la información del *beacon*.



Ilustración 31. Imágenes de la aplicación nRF Beacon de Nordic

¹² <https://github.com/NordicSemiconductor/Android-nRF-Beacon-for-Eddystone>

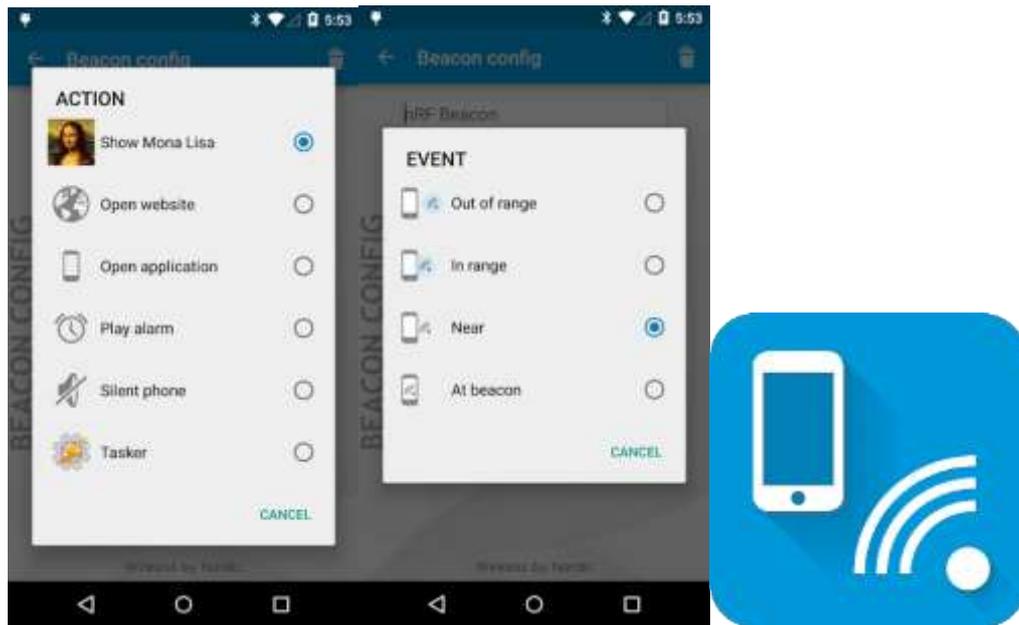


Ilustración 32. Imágenes de la aplicación nRF Beacon de Nordic

Además de esta aplicación, en github¹³ también se puede encontrar una aplicación entre los ejemplos de google que hace uso del *Proximity* API de google para detectar *beacons* y actualizar en REST la información de estos. Esta aplicación nos permite de forma sencilla configurar nuestros *beacons* y registrarlos en REST. Y nos da información sobre el estado de los *beacons* de la siguiente manera.

-  Registered to you and currently active (green) or inactive (orange)
-  Registered to you and decommissioned
-  Unregistered
-  Registered to someone else
-  Unknown status

¹³ <https://github.com/google/beacon-platform/tree/master/samples/android>

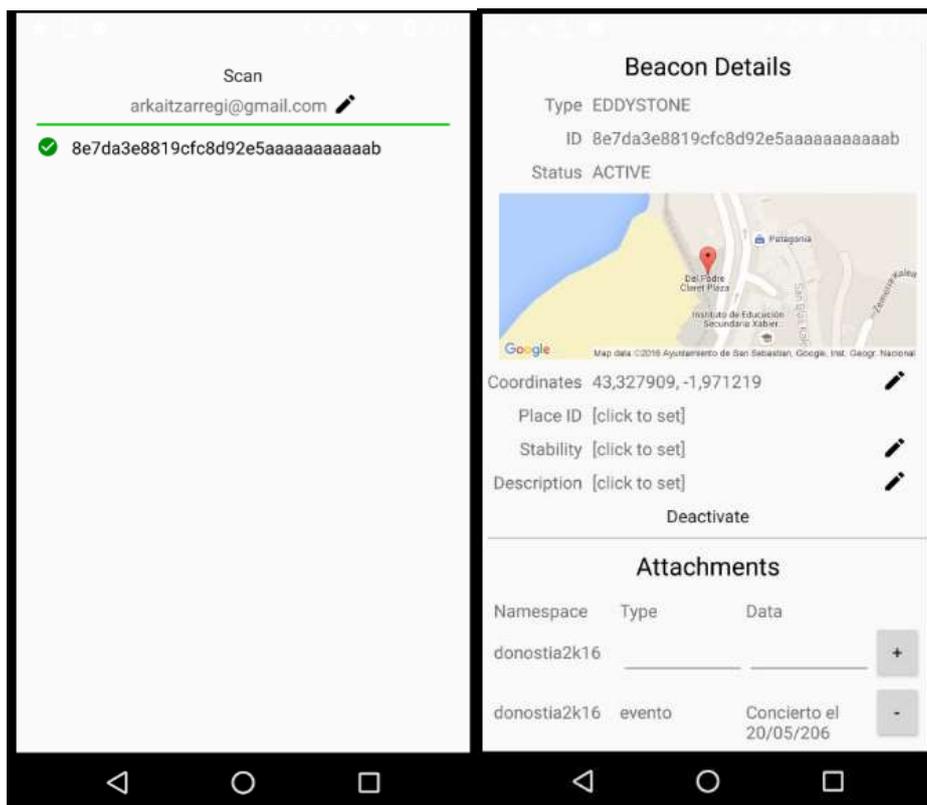


Ilustración 33. Imágenes de la aplicación beacon-platform

Como ejemplo de la API *Nearby* está en github¹⁴ en la raíz *googlesamples* la aplicación *NearbyBackgroundBeacons*, que implementa notificaciones en Android haciendo uso de la API *Nearby*.

La característica principal de estas aplicaciones es el uso de las APIs de google para guardar la información relativa a los *beacons*.

5.4.2. APIs de google.

La aplicación Donostia2016 se basa en la utilización de las APIs *Proximity* (Google Inc., 2016) y *Nearby* (Google Inc., 2016), y su capacidad para mediante REST para escribir y leer datos de *beacons* en la nube.

Proximity API es parte de Google *Beacons*, la plataforma creada por google para crear un ecosistema *beacon*, y que también incluye el estándar *Eddystone*, estándar abierto desarrollado por la misma google.

¹⁴<https://github.com/googlesamples/android-nearby/tree/master/messages/NearbyBackgroundBeacons>

La *Proximity Beacon* API es un Servicio *cloud* que permite manejar la información asociada a un *beacon* mediante una interface REST.

La información que se puede guardar sobre un *beacon* es la relativa a coordenadas, Place ID y planta/nivel, pero además también permite guardar datos aleatorios, en los que podemos guardar cualquier tipo de dato: para este ejemplo, tendremos los siguientes tipos de datos:

- Museo
- Monumento
- Concierto
- Acto cultural
- Conferencias
- Evento

Una vez registrado con la aplicación los *beacons*, se pueden configurar sin tener acceso a ellos todos los valores que estarán disponibles en la nube mediante el panel dashboard que también forma parte de *Google Beacon*.



Ilustración 34. Entorno para gestionar los beacons asociados a una cuenta.

La configuración individual de los *beacons* se hace desde aquí, permitiendo que un administrador actualice los datos adjuntos del *beacon* según se actualicen los eventos, y así podemos hacer la aplicación independiente de los eventos y datos adjuntos, ya que la información actualizada es recibida cada vez que se detecta el *beacon*.

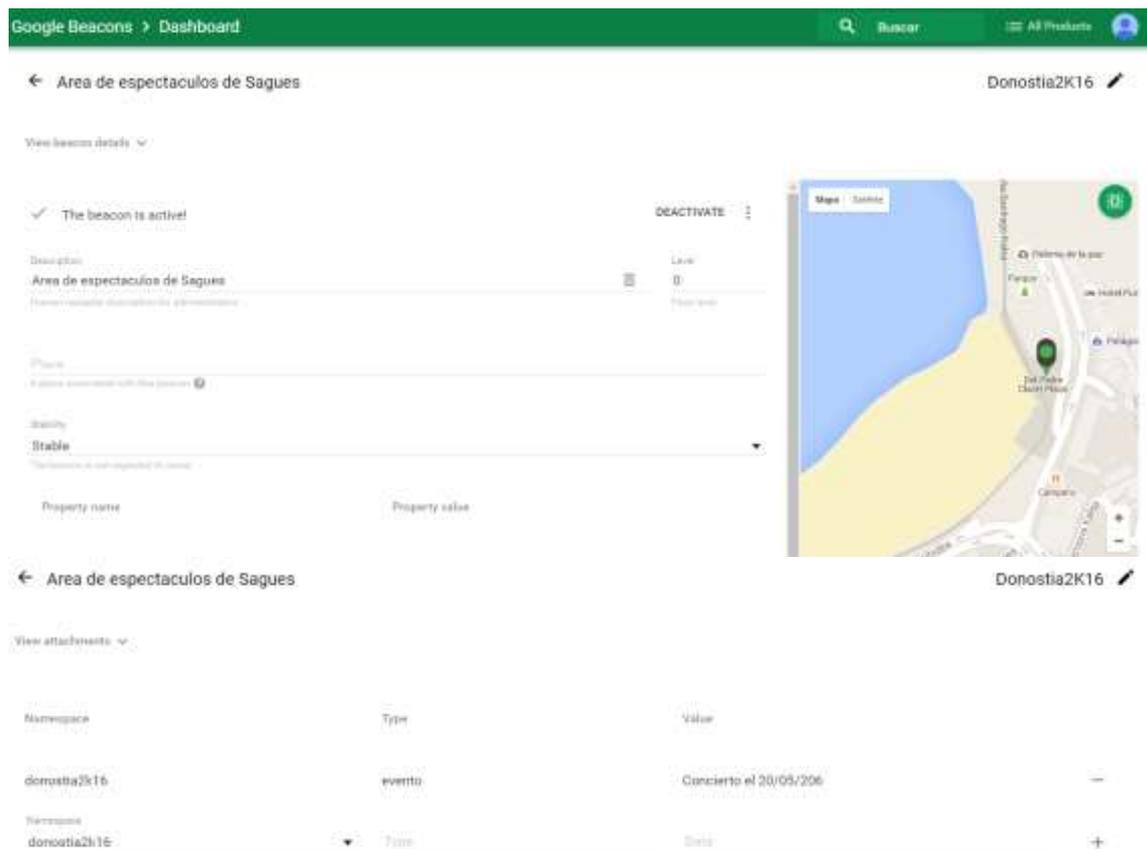


Ilustración 35. Gestión de la información de un beacon en el *dashboard* de google.

Mediante la API Nearby, podemos interactuar con los datos y adjuntos de los *beacon* en la aplicación. Esta API va mas allá de el interactuar con los *beacon*, ya que esta enfocada al intercambio de información entre dispositivos cercanos que esten conectados a internet. Mediante el mecanismo de la API para suscribirse a los datos publicados por un dispositivo cercano, la aplicación se suscribira a los datos del *beacon* y podra descargarse los datos publicados, que son los datos que han sido actualizados por medio de la Proximity API.

La subscripcion se puede hacer en primer o segundo plano, es decir, con la aplicación ejecutandose por una accion de usuario o en segundo plano. La suscripción bacground solo es posible en modo BLE, y aunque pueda parecer una obviedad, es importante definirlo ya que la API permite utilizar todas las conexiones inalambricas del dispositivo, y por lo tanto, estando en segundo plano si no se limita al BLE, que es el único protocolo eficiente energeticamente, puede afectar mucho a la bateria.

Para poder iniciar *Nearby*, se requiere de una acción dentro de la aplicación por parte del usuario, es decir, tendrá que arrancarla al menos para que se active o ejecutar alguna acción como pulsar un botón. Además, tanto en iOS como en Android, el dispositivo pedirá permisos específicos la primera vez que la aplicación quiera activar *Nearby*.

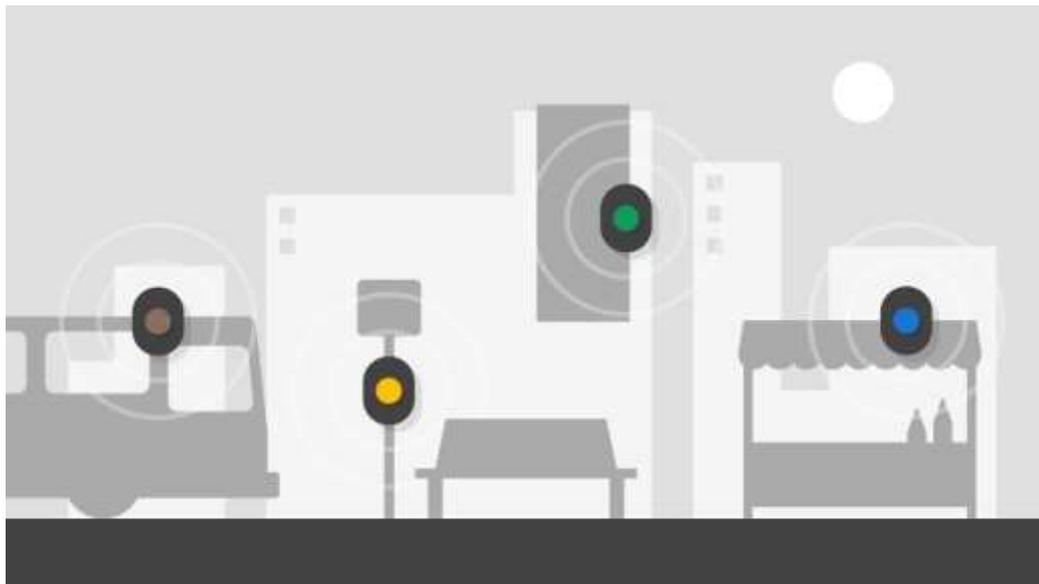


Ilustración 36. Concepto nearby de google. (Google Inc., 2016)

Para poder utilizar las APIs de google, es necesario primero estar dado de alta en el **google cloud platform**, donde tendremos que tener creada una aplicación en la que crearemos las claves de API necesarias y las credenciales oauth para que la aplicación pueda hacer uso de las APIs. Es muy importante que todas las APIs y credenciales esten bajo el mismo proyecto, para que lo que se actualiza mediante *proximity* API pueda ser leído por *Nearby*.

5.4.3. App Donostia2k16

La aplicación Donostia2k16 se basa en las antes mencionadas aplicaciones para interactuar con los *beacons*. Aunque la aplicación final no Tiene por qué tener capacidad para dar de alta *beacons*, ya que no es una una función de usuario, se han unido las dos funcionalidades en la misma aplicación por facilitar el trabajo.

Del código de la aplicación de detección de *beacons eddystone*, cogemos el módulo *libproximitybeacon* tal cual. En él están implementadas las llamadas que se han de hacer a la *proximity* API de google para poder registrar y actualizar la información de los módulos. Partiendo de esta base, creamos una actividad principal en Android studio que contendrá los fragmentos que serán las diferentes pantallas de la aplicación. Se crea una pantalla de configuración que sería el home de la aplicación Donostia2k16, y en ella implementamos las llamadas de la *nearby* API, que estarán en el documento java *BackgroundSubscribeIntentService* y al

que se llamara del home de la aplicación para buscar *beacons* en segundo plano.



Ilustración 37. Imágenes de la aplicación. Pantalla principal y notificación buscada.

Una vez cargada la pagina principal, la aplicación se pone a la escucha de *beacons* en segundo plano, y muestra una notificación en la barra de notificaciones para alertar de que se están buscando *beacons* en segundo plano.

Desde la home, sin tener en cuenta los *beacons*, se podrá acceder a la información relevante y a la agenda de DSS2016, para estar al día de los eventos. Esta parte al no ser de interés para la detección de *beacons* no se implementa.

Cuando la aplicación detecta *beacons*, avisa de los eventos próximos que están disponibles para los *beacons* que están dentro del alcance. Como se puede ver en la notificación nos dice que es lo que tenemos cerca.

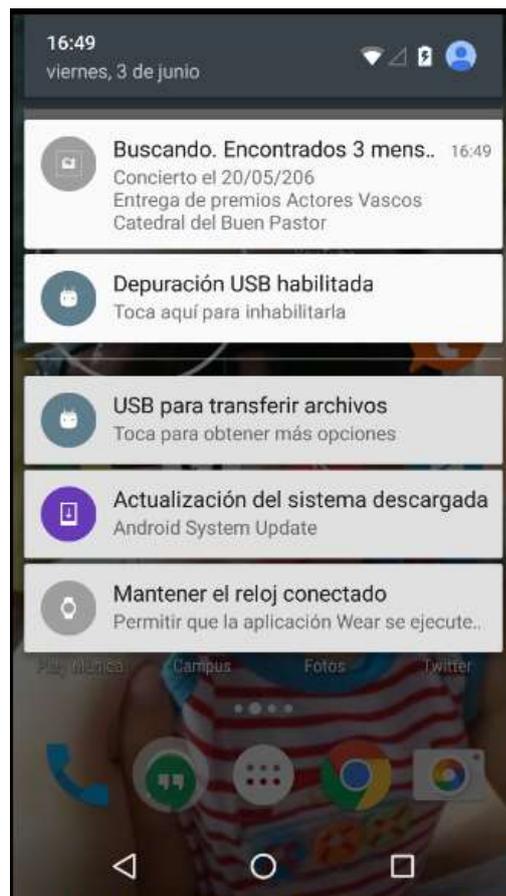


Ilustración 38. Aplicación, beacons encontrados.

Los *beacons* que encontrara, gracias a las APIs de google, son todos aquellos dados de alta en el proyecto de google, y los datos que mostrara serán los adjuntos al *beacon* guardados en la nube. Así, se simplifica enormemente la gestión de la información de los *beacons* por parte de la aplicación, ya que solo baja la información, siempre que esté disponible, de los *beacons* que detecta y no ha de tener un listado de *beacons* en el dispositivo que haya que actualizar desde la propia aplicación.

Cuando tenemos una notificación con información, podemos clicar y nos llevara a la zona de avisos de la aplicación, en la que se verán los *beacons* detectados en el mapa y la información sobre ellos.

Para poder geolocalizar el *beacon* en el mapa de google, además de haber completado los datos relativos a las coordenadas en la información del *beacon*, habrá que habilitar el acceso a la API de maps.

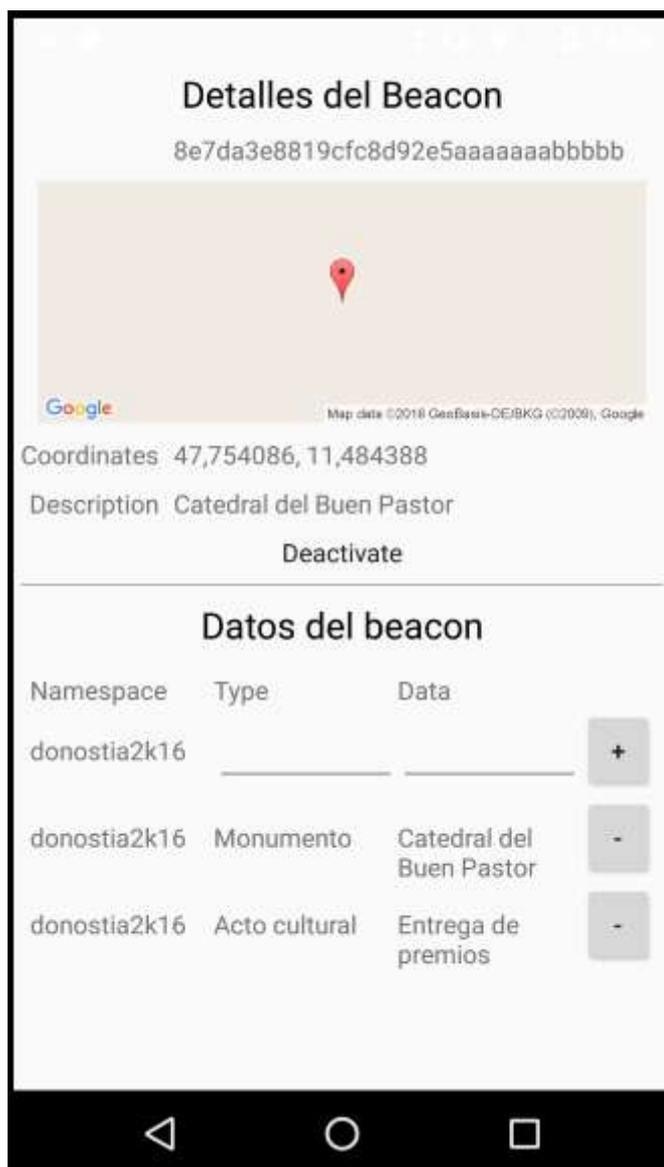


Ilustración 39. Detalles del Beacon

Al no disponer de un servidor para recibir la información de haber localizado el *beacon* mediante un *web service*, no se puede probar la opción, pero esta función se implementaría en la función de detectar los beacons. A la vez que se crea la notificación en el móvil, se envía la información del dispositivo y el beacon detectado al servidor. El beacon es detectado cuando está lejos, y una vez que se detecta que el beacon está “near”, se entiende que el usuario de la aplicación está disfrutando del evento, y también se notifica al servidor.

Código de la aplicación en github ¹⁵.

¹⁵ <https://github.com/arkaitzarregi/Donostia2K16>

5.4.4. Prueba de uso

Se han realizado dos tipos de pruebas de uso, las enfocadas a probar las aplicaciones desarrolladas y las enfocadas a analizar los valores recibidos en el dispositivo.

El entorno de pruebas se sitúa en la Plaza Santiago de Pasai Donibane, situando el beacon en uno de los extremos de la plaza.

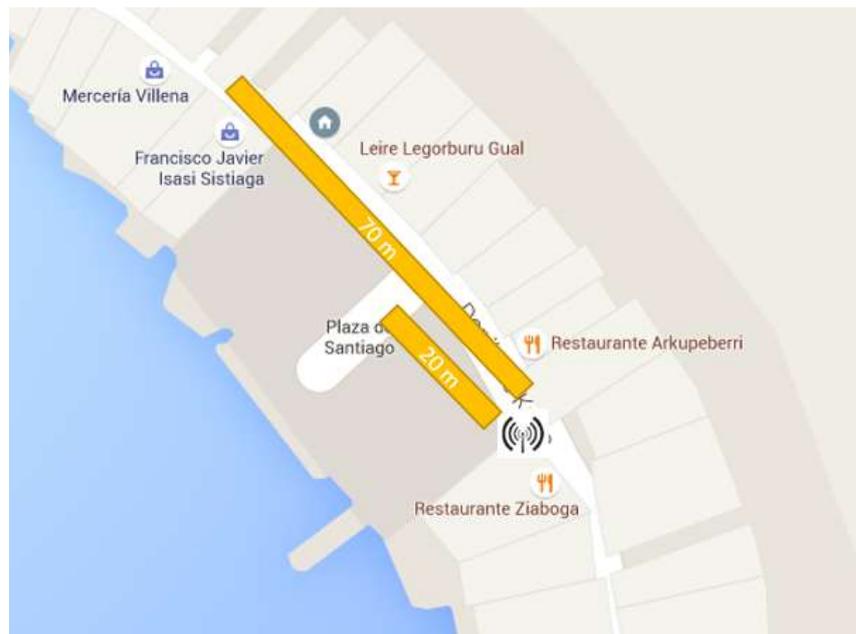


Ilustración 40. Entorno de pruebas.

En la primera prueba se quiere comprobar la funcionalidad de la aplicación móvil desarrollada. Se activa el beacon con la instancia AAAAAAABBBBBB, en el que se ha configurado dos datos adjuntos mediante el portal de gestión, y se le ha dado una localización.

Se comprueba que la aplicación pasa de un estado de búsqueda a un estado de *beacon* encontrado. Si se pulsa la notificación podemos ver los datos del beacon detectado, al igual que si vamos a los avisos desde la pantalla principal.



Ilustración 41. Detección de un beacon.

La segunda prueba tiene como fin analizar las posibilidades de medición de las señales recibidas a diferentes distancias y en situación de concurrencia de mucha gente y de soledad para poder configurar de manera adecuada los beacons.

Para ello se emite la señal beacon con diferentes intervalos (100 ms y 250 ms) y con diferentes potencias de transmisión (1dBm y -7 dBm).

Para analizar los valores RSSI recibidos por el teléfono, se usa la aplicación nRF Master Control Panel (BLE) de Nordic Semiconductor. Utilizando esta aplicación podremos analizar los valores recibidos por el teléfono dependiendo de los valores y relacionarlos con los valores de configuración del beacon y el entorno.

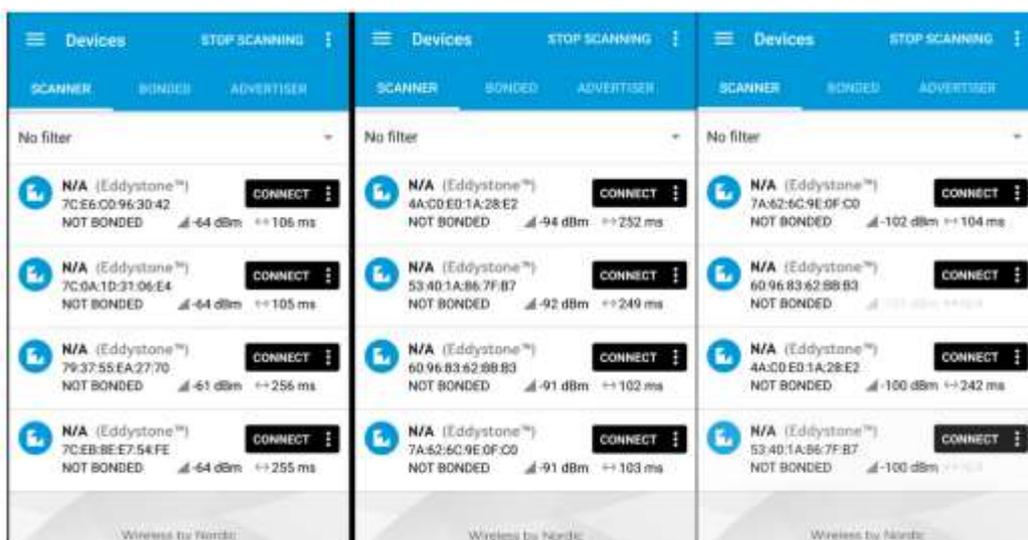


Ilustración 42. Mediciones realizadas a 20, 50 y 70 metros.

Si analizamos la tabla resumen de las mediciones, podemos observar que la potencia menor hace que haya dificultades para detectar el beacon a 70 metros, por lo que se confirma la necesidad de transmitir con la potencia más alta posible.

Tabla 4. Resumen mediciones RSSI.

1dBm - 100 ms	20 m	50 m	70 m
Concurrido	-76 dBm	-93 dBm	-96 dBm
No concurrido	-64 dBm	-91 dBm	-102 dBm

-7dBm - 100 ms	20 m	50 m	70 m
Concurrido	-76 dBm	-95 dBm	-98 dBm
No concurrido	-64 dBm	-91 dBm	

1dBm - 250 ms	20 m	50 m	70 m
Concurrido	-73 dBm	-93 dBm	-99 dBm
No concurrido	-61 dBm	-92 dBm	-100 dBm

-7dBm - 250 ms	20 m	50 m	70 m
Concurrido	-77 dBm	-96 dBm	
No concurrido	-64 dBm	-94 dBm	

Como se puede observar, la concurrencia de personas no afecta a la potencia recibida, pero si analizamos los intervalos de recepción, podemos observar que cuando se da concurrencia de gente, el dispositivo recibe menos señales que las emitidas por el beacon.

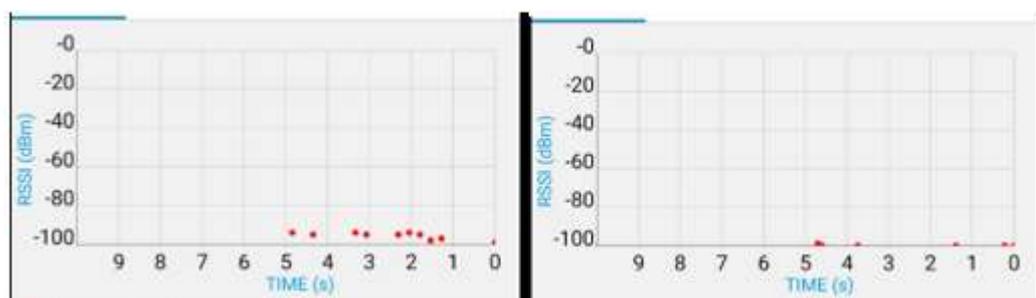


Ilustración 43. graficas de deteccion en concurrencia a 70 metros.

Por lo tanto, para que el dispositivo reciba el máximo número de señales posibles, aunque se dé una situación de concurrencia de gente, conviene emitir con un intervalo más bajo, ya que la perdida de paquetes se da porque al existir muchas más señales en la misma frecuencia, esas interfieren en la señal del beacon y el dispositivo no es capaz de recibirla.

6. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto permite realizar un análisis sobre las diversas fases del trabajo, permitiendo hacer una valoración sobre el proceso y resultados obtenidos, así como de las limitaciones encontradas y mejoras aplicables en un futuro.

6.1. Análisis del trabajo teórico-práctico

El objetivo principal de este trabajo es analizar las posibilidades de uso de los *beacons* bluetooth Smart en el sector turístico o cultural. Se ha analizado a nivel teórico el bluetooth Smart o Low Energy para poder entender su funcionamiento y cuáles son sus puntos fuertes para poder crear *beacons*: el bajo consumo, las bandas frecuenciales usadas para *advertising* y la posibilidad de ajustar la trama con libertad permitiendo nuevos usos. Pese a ser un producto relativamente nuevo, los *beacons* BLE han mostrado un grado de aceptación y unas tasas de crecimiento e implantación muy elevadas, y como se ha podido ver, existen ya múltiples ejemplos del uso de los *beacons* en el sector turístico y cultural. La mayoría de los ejemplos, a diferencia del proyecto propuesto, hacen uso del protocolo *iBeacon*, que es el que más tiempo lleva en el mercado, pero se ha escogido el protocolo *Eddystone* porque además de ser de código abierto (aunque tiene el soporte de una gran compañía como google inc.) permite más funcionalidades que posibilitan ofrecer más servicios en el futuro.

Existen múltiples productos comerciales para poder desarrollar productos con *beacons*, en los que además de proporcionar el hardware, ofrecen completos SDKs para poder desarrollar aplicaciones para los *beacons*, ya que la elaboración de una aplicación que permita interactuar con el resultado obtenido en uno de los mayores desafíos.

Para una buena detección por parte de los dispositivos, es importante poder contar con una potencia de transmisión elevada, y si aumentamos la potencia, aumentamos el consumo. Para compensar ese consumo, podemos aumentar el intervalo de transmisión, haciendo que la radio este encendida el menor tiempo posible, pero al ser una aplicación destinada a ser usada en espacios abiertos con mucha afluencia de gente, las pruebas han mostrado que tampoco se puede poner un intervalo muy elevado, porque en espacios congestionados se pierden más mensajes de advertencia, empeorando el rendimiento en la detección. Pese a necesitar un intervalo de transmisión menor, el sistema se muestra igual de válido, ya que los *beacon* escogidos para la propuesta tienen una autonomía superior a los 12 meses con un intervalo de 100 ms.

6.2. Limitaciones

Para la implementación del sistema, se ha optado por hacer una prueba piloto a una escala menor a la del proyecto diseñado, debido a la limitación temporal y de recursos derivada del tipo de trabajo. Aun así, se considera que los datos obtenidos son válidos y que los resultados se podrían extrapolar a una aplicación a mayor escala.

El dispositivo nRF51822 del que se disponía para la prueba ha generado diversa problemática: no ha sido fácil configurar el entorno de trabajo ya que la antigüedad de la placa hace que sean necesarias versiones de software desactualizadas y sin soporte; además, dejó de funcionar durante la realización de las pruebas de campo, por lo que ha habido que sustituir en ciertas pruebas dicho dispositivo por un teléfono móvil con una aplicación que emula un beacon Eddystone.

6.3. Mejoras futuras para la aplicación

Una de las razones para elegir como protocolo para los beacons el protocolo Eddystone ha sido que ofrece más posibilidades que el protocolo iBeacon. Para este proyecto solo se ha tenido en cuenta el Eddystone-UID, pero el protocolo Eddystone-URL permite mediante el *physical web*, el acceso a información ofrecida por el beacon en forma de URL. Mediante éste protocolo se pueden habilitar los beacons para que por ejemplo en uno de cada 5 intervalos emitan una trama Eddystone URL con el enlace a la descarga de la aplicación para los usuarios que no la tienen instalada. Asimismo, el protocolo Eddystone-TLM permite recopilar datos del estado del beacon como por ejemplo su batería, por lo que se podría usar la aplicación para que los usuarios recogieran estos datos y si el nivel es bajo se emita un aviso al servidor para que se pueda cambiar la batería antes de que el beacon deje de funcionar.

Bibliografía

- A. Corna, L. F. (2015). Occupancy Detection via iBeacon on Android Devices for Smart Building Management. *Proceedings of the 2015 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition*, 629-632.
- Akhayad, Y. (08 de 02 de 2016). *Bluetooth 4.0 Low Energy: Análisis de las prestaciones y aplicaciones para la automoción*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/82702/memoria.pdf>
- Argenox. (s.f.). *Argenox*. Recuperado el 26 de 05 de 2016, de <http://www.rogenox.com/es/bluetooth-baja-energia-ble-desarrollo/library/a-ble-advertising-primer/>
- Babu, P. (18 de 09 de 2015). *beaconstac*. Recuperado el 6 de 4 de 2016, de <http://blog.beaconstac.com/2015/11/how-beacons-are-transforming-the-travel-industry/>
- beaconstac. (2015). *beaconstac.com*. Obtenido de http://www.beaconstac.com/ebook/pdf/The_Definitie_Guide_To_Beacon_Pilots.pdf
- Bluetooth SIG. (s.f.). *Bluetooth*. Recuperado el 02 de 03 de 2016, de <https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>
- Boxel, A. V. (14 de 08 de 2015). *eddystone_nrf5x_beacon*. Recuperado el 09 de 05 de 2016, de https://github.com/alexvanboxel/eddystone_nrf5x_beacon
- Davis, B. (13 de 08 de 2014). *Econsultancy*. Recuperado el 04 de 04 de 2016, de <https://econsultancy.com/blog/65307-five-retailers-using-nfc-and-rfid-to-enhance-shopping-but-do-they-work/>
- eventoplus. (23 de 09 de 2014). *eventoplus*. Recuperado el 12 de 04 de 2016, de <http://www.eventoplus.com/idea-consejo/2535/2/5-usos-que-puedes-dar-a-los-beacons-en-eventos/>
- Google. (14 de 07 de 2015). *eddystone specification*. Recuperado el 06 de 05 de 2016, de <https://github.com/google/eddystone/blob/master/protocol-specification.md>
- Google Inc. (18 de 05 de 2016). *Messages API*. Recuperado el 20 de 05 de 2016, de <https://github.com/googlesamples/android-nearby/tree/master/messages/NearbyBackgroundBeacons>
- Google Inc. (2016). *Nearby*. Recuperado el 22 de 05 de 2016, de <https://developers.google.com/nearby/>
- Google Inc. (16 de 04 de 2016). *Proximity Beacon Api*. Recuperado el 12 de 05 de 2016, de <https://github.com/googlesamples/android-nearby/tree/master/messages/NearbyBackgroundBeacons>

- IDC Research, I. (08 de 2015). *IDC*. Recuperado el 11 de 03 de 2016, de Smartphone Vendor Market Share, 2015 Q2: <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-market-share.jsp>
- Kevin Townsend, C. C. (2014). *Getting Started with Bluetooth Low Energy*. O'Really Media, Inc.
- MAXUS GLOBAL. (16 de 03 de 2016). *MAXUS GLOBAL*. Recuperado el 16 de 04 de 2016, de <http://marcommnews.com/wp-content/uploads/2016/03/Beacons-Promise-Present-Future.pdf>
- Ministerio de Industria, Energia y Turismo. (2015). *COBERTURA DE BANDA ANCHA EN EL PRIMER TRIMESTRE DE 2015*. Recuperado el 11 de 03 de 2016
- Nilsson, R. (03 de 03 de 2011). *Digi-Key Electronics*. Recuperado el 01 de 04 de 2016, de Digi-Key Electronics: <http://www.digikey.es/en/articles/techzone/2011/mar/bluetooth-low-energy-for-wireless-sensors-and-actuators>
- Nordic Semiconductor. (2013). *Nordic Semiconductor*. Obtenido de https://www.nordicsemi.com/eng/nordic/download_resource/38620/7/99860278
- Petro, G. (08 de 10 de 2014). *Forbes*. Recuperado el 01 de 04 de 2016, de <http://www.forbes.com/sites/gregpetro/2014/10/08/how-proximity-marketing-is-driving-retail-sales/#7603612c3ff5>
- Rebeca. (8 de 04 de 2015). CongresoMóvil Blog. *Qué es un beacon y la importancia de su uso en eventos y congresos*.
- Swedberg, C. (07 de 04 de 2015). *RFID Journal*. Recuperado el 13 de 03 de 2016, de RFID Delivers Location-Based Data at Helsinki Mall: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?12922>
- unaCAST. (01 de 2016). *Proxbook*. Recuperado el 16 de 04 de 2016, de Your Guide to Proximity Marketing: https://unacast.s3.amazonaws.com/The_Proxbook_Report_Q4_2015.pdf
- unaCAST. (04 de 2016). *Proxbook*. Recuperado el 16 de 04 de 2016, de https://unacast.s3.amazonaws.com/Proximity_Marketing_in_Retail_-_Proxbook_Report.pdf
- Want, R. (11 de 08 de 2015). *ARM mbed developer site*. Recuperado el 07 de 05 de 2016, de https://developer.mbed.org/teams/Bluetooth-Low-Energy/code/BLE_EddystoneBeacon_Service/
- Wikipedia. (09 de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de https://en.wikipedia.org/wiki/Proximity_marketing
- Woolley, M. (04 de 05 de 2013). *BlackBerry Support*. Recuperado el 28 de 03 de 2016, de Bluetooth LE primer for developers: <https://supportforums.blackberry.com/t5/Native-Development-Knowledge/BlackBerry-10-Bluetooth-LE-primer-for-developers/tap/2287377>

Arkaitz Arregui Caballero de Tineo

Beacons BLE (*Bluetooth Low Energy*) en el sector turístico,
control de afluencia y servicios de valor añadido



Yuste, E. (21 de 04 de 2015). *Elisa Yuste Consultoría en Cultura y Lectura*. Recuperado el 12 de 04 de 2016, de <http://www.elisayuste.com/beacons-en-bibliotecas/>