



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología
Sección de Ingeniería Informática

Trabajo de Fin de Grado

Localización interior y asignación de tareas con dispositivos Bluetooth Low Energy

*Task assignment through indoor location with
Bluetooth Low Energy*

Néstor Álvarez Díaz

La Laguna, 8 de junio de 2015

D^a. **Pino Caballero Gil**, con N.I.F. 45534310-Z profesora Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como tutora

D. **Francisco Martín Fernández**, con N.I.F. 78629638-K investigador contratado adscrito al Departamento de Ingeniería y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como cotutor

CERTIFICAN

Que la presente memoria titulada:

“Localización interior y asignación de tareas con dispositivos Bluetooth Low Energy.”

ha sido realizada bajo su dirección por D. **Néstor Álvarez Díaz**, con N.I.F. 54115839-J.

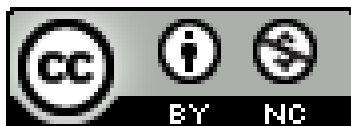
Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 8 de junio de 2015.

Agradecimientos

En primer lugar me gustaría agradecer todo el trabajo y apoyo recibido a Pino y a Paco, y en general al grupo CryptULL. Su ayuda y su constancia han hecho posible la culminación de este proyecto. Además, para la última fase de realización de este trabajo ha sido de ayuda contar con la beca de colaboración concedida por Binter Sistemas SL.

En segundo lugar me gustaría agradecer a mi pareja. Ella ha tenido que aguantar muchos de los problemas que he tenido con este proyecto, pero aun así, siempre me ha apoyado y animado. En último lugar me gustaría agradecer a mi familia, que desde que soy un niño han intentado que todo me sea más sencillo.

Licencia



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Resumen

Este trabajo combina el uso de teléfonos inteligentes con dispositivos Bluetooth Low Energy con el propósito de garantizar un servicio eficiente de comunicación en instalaciones interiores. La combinación de estas dos herramientas permite crear un innovador sistema de control que provee de un canal de comunicación más eficiente y seguro entre la compañía y sus trabajadores. Además también se ha dotado al sistema de la capacidad de optimizar la asignación de recursos a las tareas que se llevan a cabo por los empleados en grandes complejos, como aeropuertos.

Esto es parte de un trabajo en proceso, que incluye el desarrollo del sistema propuesto en un aeropuerto para optimizar las operaciones en tierra dentro del aeropuerto. Para implementar este sistema se hace uso de una plataforma, la cual es el núcleo de toda la actividad que se realiza dentro de la instalación. También es necesaria la existencia de un receptor para esta comunicación, por lo que se ha desarrollado una aplicación Android que será accesible por los empleados de dicha instalación.

Palabras clave: Aplicaciones y servicios basados en localización, Comunicación segura, Bluetooth Low Energy.

Abstract

This work combines smartphones with Bluetooth Low Energy devices with the purpose of guaranteeing an efficient communication service in indoor installations. The combination of these two tools allows creating an innovative control unit to provide a more efficient and secure communication channel between a company and its employees. Besides, the system has been also endowed with the ability to optimize the assignment of the tasks that are carried out in large complexes like airports.

This is part of a work in progress, which includes the deployment of the proposed system in an airport in order to optimize ground operations inside the airport. To implement this system we use a web platform, which is the core of all activity that is performed inside the installation. The existence of a receptor for this communication is also needed, so has been developed an Android application, which will be accessible by employees of the installation.

Keywords: *Location-Based Applications and Services, Secure communication, Bluetooth Low Energy.*

Índice General

Capítulo 1. Introducción	6
1.1 Motivación.....	6
1.2 Objetivos	6
1.3 Fases del desarrollo.....	8
1.4 Estructura de la memoria.....	9
Capítulo 2. Introducción a la herramienta	10
2.1 Definición	10
2.2 Conceptualización.....	11
Capítulo 3. Sistema de comunicación	14
3.1 Agentes implicados y funcionamiento.....	14
3.2 Confidencialidad de los datos	15
3.3 Autenticidad del origen	16
3.4 Código hash	16
3.5 Implementación segura.....	17
Capítulo 4. Sistema de localización	19
4.1 Agentes implicados.....	19
4.1.1 Balizas.....	19
4.1.2 Terminales	20
4.1.3 El servidor.....	20
4.2 Gestión y análisis.....	21
Capítulo 5. Combinación de sistemas	23
5.1 Definición	23
5.2 Ejemplo ilustrativo.....	24
5.3 Funcionamiento interno.....	25

Capítulo 6. Implementación del servidor	28
6.1 Tecnologías implicadas	28
6.2 Base de datos.....	29
6.2.1 Airport	30
6.2.2 Person	31
6.2.3 Task	31
6.2.4 Work	31
6.2.5 Location	32
6.2.6 Beacon, Cell y Distance	32
6.2.7 Resto de modelos	32
6.3 Controladores	33
6.3.1 Panel de control.....	33
6.3.2 Mapa de actividad.....	36
Capítulo 7. Implementación de la aplicación móvil	38
7.1 Interacción con los empleados	39
7.2 Sincronización de los datos.....	40
7.3 Monitorización de balizas	41
7.4 Servicios web.....	43
Capítulo 8. Presupuesto	45
8.1 Personal.....	45
8.2 Componentes.....	46
8.3 Coste total.....	46
Capítulo 9. Conclusiones y trabajos futuros	47
Capítulo 10. Conclusions and future works	49
Bibliografía	51
Apéndice A. Conference Paper	53

Apéndice B. Funciones	57
B.1. Función hash.....	57
Apéndice C. Organización de las clases	58

Índice de figuras

Figura 2.1. Ciclo de vida de un trabajo.....	13
Figura 3.1. Sistema de comunicación.	15
Figura 3.2. Proceso de cifrado-firma y descifrado-verificación.....	18
Figura 4.1. Sistema de localización.....	19
Figura 4.2. Detección de balizas.....	22
Figura 5.1. Búsqueda y notificación	24
Figura 5.2. Ciclo del sistema	27
Figura 6.1. Base de datos.....	30
Figura 6.2. Panel de control de la plataforma.....	34
Figura 6.3. Actividad de un empleado	36
Figura 7.1. Previsualización de la aplicación.....	39
Figura 7.2. Proceso de sincronización con token	41
Figura 7.3. Advertisement Data.....	42
Figura C.1. Estructura de la aplicación móvil.....	58

Índice de tablas

Tabla 8.1. Presupuesto de personal.....	45
Tabla 8.2. Presupuesto de componentes.....	46
Tabla 8.3. Presupuesto total	46

Capítulo 1.

Introducción

1.1 Motivación

En los últimos años el uso de los teléfonos inteligentes en la vida cotidiana se ha incrementado de forma exponencial. Esto ha sido originado por el gran abanico de posibilidades que estos dispositivos pueden ofrecernos. La multitud de aplicaciones que ofrecen cubrir desde momentos de ocio hasta la simplificación de tareas tan sencillas que parecían imposibles de simplificar, como una lista de la compra o recordarnos un acontecimiento importante. También, más recientemente, ha surgido una nueva tendencia que va más allá de los teléfonos, la Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things), que combina una multitud de sensores y dispositivos que son capaces de comunicarse los unos con los otros. Esta tendencia se ha visto fuertemente impulsada por la tecnología Bluetooth Low Energy (BLE), que permite un tiempo de uso más elevado debido a la notable reducción de batería que presentaban los dispositivos anteriores.

Todo este despliegue de tecnología se ha enfocado principalmente hacia la vida personal [2], pero hasta el momento no se ha visto su uso con la misma intensidad en el sector empresarial. De hecho, las aplicaciones más populares son las que permiten acceder a contenido informativo y a las redes sociales de diferentes categorías.

Este trabajo intenta aplicar este nuevo movimiento de la IoT dentro del sector empresarial, que hasta el momento no lo ha acogido con la misma euforia que en otros sectores.

1.2 Objetivos

En este trabajo se han definido varios objetivos individuales que conjuntamente conforman el proyecto.

Se hace notar la necesidad de crear sistemas de comunicación efectivos dentro de grandes instalaciones, como los aeropuertos, pues los actualmente establecidos rozan la precariedad si se tiene en cuenta al amplio abanico de posibilidades que las nuevas tecnologías ofrecen. En capítulos posteriores se reflejará de manera detallada cual es la utilidad de la funcionalidad de la comunicación segura que ofrece la herramienta, que permite realizar una comunicación con todos los miembros de la compañía de manera rápida y eficiente.

El primer objetivo es definir un sistema de comunicación entre un sistema centralizado y teléfonos inteligentes de tal forma que se garantice la seguridad de los datos transferidos y la eficiencia de esta comunicación. Este sistema de comunicación permite agilizar muchas de las operaciones que se llevan a cabo en instalaciones de esta envergadura constantemente. El simple hecho de notificar una labor a un empleado puede ser un proceso no trivial si se tiene en cuenta los medios de los que se dispone en la gran mayoría de los complejos. Además, un claro objetivo fruto del planteamiento de la comunicación, es la incorporación de métodos que aseguren la confidencialidad de los datos, también que garanticen la autenticidad de los orígenes, pues no es posible negar la realidad y dejar que la información fluya a través de canales inseguros y esperar que no surja ningún inconveniente.

El segundo objetivo es solventar los problemas propios que suponen abordar la localización interior en grandes instalaciones con el uso de la tecnología BLE [3] [4]. Un sistema de localización que permita resolver este problema de manera eficiente no es una tarea sencilla, pero se ha definido una serie de métodos que permiten hacer de este problema un proceso automático. El apoyo en los dispositivos BLE, ha hecho posible que este sistema sea eficaz pues el consumo de batería es notablemente inferior a otros sistemas basados en Bluetooth convencional. También existen trabajos cuyo objetivo también es lograr una localización en interiores, mediante el uso de otras tecnologías, como Wi-Fi, RFID, entre otras, aunque su objetivo sea diferente al del presente trabajo la raíz del problema es común [5].

Por último, el tercer objetivo ha sido la integración de estas dos herramientas en un único sistema que permita la optimización en la asignación de recursos en estos complejos.

1.3 Fases del desarrollo

El desarrollo de este trabajo se ha dividido en cuatro fases fundamentales que se han llevado a cabo de manera no lineal.

En la primera fase se ha estudiado en profundidad el problema que supone realizar una localización basada en el uso de dispositivos BLE en instalaciones de estas dimensiones. Se ha tenido en cuenta, para su posterior puesta en marcha, tanto la complejidad computacional que podía suponer el intento de lograr una ubicación a un nivel de precisión totalmente exhaustivo así como el coste de despliegue y mantenimiento que podría originar el uso de un elevado número de dispositivos BLE. También se ha estudiado la mejor forma de lograr una comunicación eficiente pero segura, manifestando la necesidad de proteger la confidencialidad de los envíos y garantizando que los datos recibidos pertenecen a un origen real y definido.

Posteriormente a la fase de estudio, las dos siguientes fases se han desarrollado de forma individual pero paralelamente en el tiempo, ya que, a pesar de poder aislarlas, en esencia funcionan juntas. La fase referente a la comunicación provocó la necesidad de crear una aplicación móvil en Android y el despliegue de un servidor con varios servicios web, así como la definición de un modelo de datos para almacenar la información de toda la actividad inherente a la comunicación. Para la fase de la localización también se hizo uso de la aplicación móvil y del servidor previamente creado y configurado, y de una ampliación del modelo de datos de la base de datos, para poder almacenar la información perteneciente a la labor de localización. Como añadido, en esta fase fue necesario consultar la documentación del funcionamiento de los dispositivos BLE escogidos para el desarrollo del proyecto, ya que al ser realmente nuevos y utilizar un estándar diferente a otros dispositivos de estas características, no se hizo trivial el lograr un buen comportamiento de la aplicación móvil en relación con estos dispositivos.

Como última fase, se ha añadido la parte de seguridad en las comunicaciones mediante la instalación de una autoridad certificadora que ha permitido repartir tanto las claves públicas como las privadas de cada uno de los involucrados en la actividad. Se ha establecido un sistema de cifrado y firma de los conjuntos de datos transferidos a través de la criptografía RSA. A esta fase se le han añadido algunas mejoras en cuanto a la transferencia de

la información, para disminuir el uso de datos que supone la comunicación y para evitar el traspaso innecesario de información sensible.

Es destacable el hecho de que un producto de este conjunto de fases ha sido la aceptación de un trabajo en un congreso internacional [1] donde el autor expondrá una parte de las conclusiones tanto de la investigación como de la fase de desarrollo realizada en este proyecto.

1.4 Estructura de la memoria

El contenido de esta memoria está organizado de la siguiente manera:

- Capítulo 2. Introducción de la herramienta propuesta, mostrando de manera detallada cada una de las partes y elementos que la forman. Se introducen los conceptos fundamentales para entender el funcionamiento del conjunto.
- Capítulo 3. Definición exhaustiva del sistema de comunicación, detallando el funcionamiento de este sistema, los elementos que lo conforman así como las herramientas utilizadas para su realización. En este capítulo se incluye también una descripción de la seguridad relativa a este sistema.
- Capítulo 4. Definición detallada del sistema de localización, mostrando el sistema, los factores que intervienen, la gestión de los datos y los análisis de los mismos para obtener una ubicación.
- Capítulo 5. Presentación del funcionamiento conjunto de la plataforma que combina ambos sistemas, definiendo los instantes en los que interviene cada una de las partes y cómo afecta el comportamiento de la localización con respecto al sistema de comunicación.
- Capítulo 6. Detalle de la fase de desarrollo de este trabajo en cuanto a la parte del servidor, incluyendo la implementación de la plataforma web así como la gestión de la base de datos.
- Capítulo 7. Referencia a la fase de desarrollo en cuanto a la aplicación móvil, detallando la implementación de la misma.
- Capítulo 8. Presentación de un presupuesto del coste total del proyecto.
- Capítulo 9. Conclusiones del proyecto y posibles mejoras.

Capítulo 2.

Introducción a la herramienta

2.1 Definición

El presente proyecto tiene como objetivo la optimización de los recursos en grandes instalaciones haciendo uso de los sistemas de comunicación y de localización previamente introducidos.

El funcionamiento básico del mismo se basa en que sabiendo en qué lugar del complejo se encuentra cada trabajador se podrá estimar cuál es el conjunto de empleados idóneos para realizar una actividad en un punto determinado. Además se tendrá la capacidad de hacerle llegar esta noticia a dicho conjunto empleados.

El factor más notable de esta herramienta es que tanto la búsqueda como la notificación se harán de forma automática por el sistema que lo gestiona. Así, desde la plataforma, se puede indicar que en un punto determinado existe la necesidad de realizar una actividad y el sistema se pone en marcha, buscando a aquellos empleados que considera adecuados y comunicándoselo a cada uno de ellos. Como todo canal de comunicación, el contenido de los mensajes puede ser muy diverso, pero en el caso actual, se pretende focalizar a la notificación de eventos que requieran asistencia dentro del complejo, además de abarcar las posibilidades que los sistemas anteriores ofrecían.

Además, este sistema tiene la capacidad de realizar una monitorización de los empleados a lo largo de cada una de las jornadas, teniendo un histórico de la actividad tanto por empleado como por el conjunto, esto ayuda a ver como fluye la actividad dentro de la instalación. También se añade la posibilidad de visualizar en un mapa dicho flujo y con el detalle de las zonas de interés.

Del mismo modo, queda establecido un conjunto de herramientas que ayudan a la gestión de los dispositivos ubicados en la instalación, así como la

gestión de los empleados más allá de la asignación de tareas o visualización de la actividad. Pensando en los empleados, se ha puesto a su disposición dentro de la aplicación móvil, una interfaz sencilla que permitirá no sólo recibir notificaciones de nuevas actividades a realizar sino también un medio para comunicarse con las personas que están detrás de la plataforma así como conservar un histórico de la realización de sus actividades.

2.2 Conceptualización

Se hace del todo necesario definir ciertas particularidades pertenecientes a esta herramienta, ya que afectan a un correcto entendimiento. A lo largo de este documento nos encontraremos con términos que son básicos y se utilizarán en muchas ocasiones pues son la base de esta herramienta.

Primero, se definen las partes implicadas en la herramienta. Por un lado, existe una plataforma web, instaurada en un servidor, la cual es la responsable de la gestión centralizada de toda la actividad que se genera en la instalación. Esta plataforma integra la gestión de las categorías, de los empleados, de las tareas y de los dispositivos BLE. Además ofrece la posibilidad de gestionar más de una instalación con el mismo sistema, de esta manera una compañía que tenga varios servicios en diferentes complejos, podrá gestionar independientemente cada uno de ellos pero de tal manera que pueda obtener el estado de todas las instalaciones en una misma plataforma. Por otro lado, la aplicación móvil, que irá instalada en todos los terminales de los empleados, es la encargada del manejo de las actividades generadas en la instalación. Tendrá la capacidad de recibir notificaciones de nuevas tareas así como de realizar una sincronización de las actividades que tiene asignada un empleado. También permite que los trabajadores interactúen de tal manera que puedan indicar en qué estado se encuentra una actividad en cada momento, lo cual se verá reflejado automáticamente en la plataforma web y repercutirá en la elección de los trabajadores a la hora de buscar candidatos para nuevas tareas.

Una vez definidas las partes, es necesario definir los conceptos de **tarea**, **trabajo** y en **los estados que pueden encontrarse**. En cuanto a las tareas, podemos decir que es cada actividad que ha de realizarse en la instalación y podrá estar asignada a uno o más trabajadores. El hecho de

poder asignarla a varios empleados es porque puede surgir la necesidad de realizar trabajos que requieran no sólo un empleado y no sería lógico que los administradores se vean obligados a duplicar los registros de actividad cuando se vean en esta situación. Por este motivo, cada tarea se divide en un conjunto de trabajos, que son los que se asocian a un trabajador. Aclarar que siempre se va a dividir una tarea en un conjunto de trabajos, aunque dicho conjunto sea de un solo elemento, pues es necesario mantener esta estructura con el fin de estandarizar la gestión interna. Para poder indicar en qué situación se encuentra una tarea en cada momento se han definido una serie de estados, que están asociados a su vez a los estados en los que se puede encontrar un trabajo.

Entonces, una tarea está **completada** cuando cada uno de los trabajos que la componen también está finalizado. Por el contrario una tarea está **pendiente** cuando todos los trabajos vinculados a la misma se han asociado a los respectivos trabajadores pero en ningún caso se ha empezado a ejecutar la actividad. Como estado intermedio, una tarea se encuentra en situación de **activa** cuando al menos uno de los empleados ha confirmado que ha empezado a realizar el trabajo.

También cabe destacar que los trabajos son una pieza que no se descompone y pertenece directamente a un empleado, por lo que únicamente cambia de estado en función de cómo su propietario lo gestione. Además del estado **completado**, para indicar que se ha finalizado el trabajo, **activo**, para señalar que se ha empezado a realizar la actividad y **pendiente**, cuando se ha asignado a un trabajador pero este no ha empezado a desarrollar la actividad, se han incorporado dos nuevas situaciones en las que se puede encontrar un trabajo. En primer lugar, un trabajo **pausado** es aquel que el empleado ha decidido pausar por algún motivo, por ejemplo, una actividad de mayor prioridad, siempre que un trabajo esté pausado se podrá retomar más adelante. En segundo lugar, un trabajo **cancelado**, a diferencia del anterior, éste no puede ser reanudado, lo cual implica una finalización de la actividad por parte del empleado por algún motivo, por ejemplo, una actividad temporal que ya no tiene lugar llevarla a cabo. Tal y como se muestra en la Figura 2.1, se puede ver cómo pueden cambiar los estados de un trabajo, cuál es el nodo de partida y cuáles son nodos terminales.

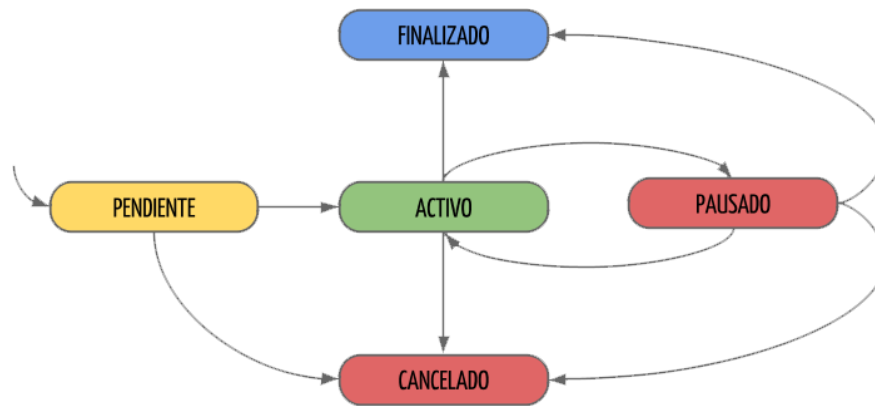


Figura 2.1. Ciclo de vida de un trabajo

Por consiguiente, y en relación con la actividad que está realizando un empleado en un instante determinado, los trabajadores se pueden encontrar en tres situaciones diferentes. Si se encuentra en la tesitura de no tener labores asignadas ni está llevando a cabo ninguna actividad, se considera que ese empleado está **desocupado**. Si se halla realizando algún trabajo, por el contrario, se dice que está **activo**. Y en último lugar, está en **espera** siempre que tenga trabajos asignados pero no haya comenzado a realizar ninguno.

Además es conveniente destacar la diferencia entre el concepto de **baliza o dispositivo BLE** del concepto de **celda**, pues el primero es el dispositivo físico, el cuál dispone de un identificador único que será utilizado para su individualización en la plataforma y en la aplicación móvil, y el segundo es la representación del mismo dentro de la plataforma, pues es necesario asignarle una ubicación determinada junto con el área de actuación que abarca dicha baliza.

Por último, un término sencillo pero que repercute en el funcionamiento del sistema, es el de **categoría**, que representa el grupo de actividades al que pertenece tanto una tarea como un empleado. Esta clasificación es necesaria para el emparejamiento a la hora de realizar las búsquedas de trabajadores dentro de la instalación. A pesar de que sean los trabajos los que se vinculan con los empleados, es la tarea la que posee la información propia de la actividad, incluida la categoría. Esto es así porque cada trabajo además de ir asociado a un trabajador también irá vinculado a la tarea para la cual fue generado.

Capítulo 3.

Sistema de comunicación

3.1 Agentes implicados y funcionamiento

Todo sistema de comunicación dispone de un emisor, un receptor y un canal, además del mensaje que se desee transmitir. En el presente proyecto, se ha añadido un elemento más para poder llevar a cabo la comunicación efectiva entre los diferentes roles. También cabe destacar la existencia de dos subsistemas que conforman el medio de comunicación.

El primer subsistema consta de tres elementos indispensables, la propia plataforma es uno de los partícipes en esta comunicación, cada uno de los terminales que se hayan destinado a ser objeto de recepción de estas transmisiones y **Google Cloud Messaging (GCM)**, que permite crear un vínculo entre el servidor y los terminales para el envío y recepción de mensajes.

Tal y como se puede observar en la Figura 3.1, existe un **emisor** representado por el **servidor**, el cual es responsable de generar los mensajes. En el lugar opuesto, se encuentran los **terminales** que interpretan el papel de **receptores**. Entre ambos extremos, se establece el **canal** de comunicaciones, donde aparece el servidor **GCM** como elemento central de dicho canal. Esto es así porque se ha decidido realizar esta comunicación unidireccional mediante los servicios que ofrece Google, haciendo uso de las notificaciones push [6].

Por otro lado, el segundo subsistema pretende más ser una herramienta de sincronización que un sistema de comunicación, pero se ha enmarcado en este ámbito pues, de manera transparente para los usuarios, existen datos que son transferidos de un extremo a otro. A diferencia del anterior subsistema descrito, esta sincronización permite que la comunicación se establezca de manera bidireccional, pues en esta ocasión pueden ser los terminales los que generen un mensaje para su posterior recepción en el servidor, tal y como se ilustra en la Figura 3.1.

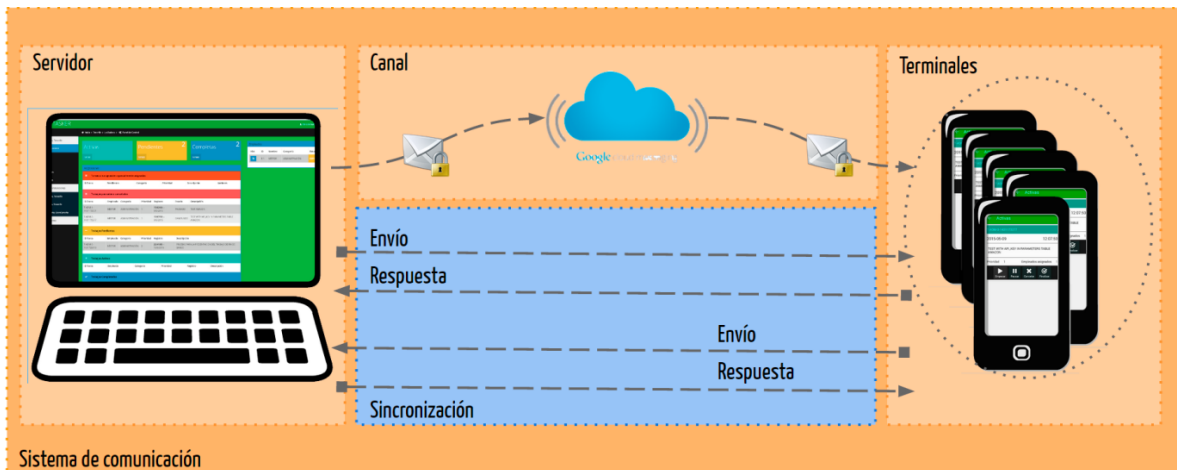


Figura 3.1. Sistema de comunicación.

3.2 Confidencialidad de los datos

Lógicamente no se puede garantizar que el canal que da soporte a la comunicación sea seguro, ya que se hace uso de Internet. Por ello se ve la necesidad de añadir una capa de seguridad entre los agentes implicados y el exterior. A pesar de que se ha intentado eliminar la información más sensible de las transmisiones, es necesario proteger el resto de los datos que viajan a lo largo de la red, pues los únicos que deben de saber el contenido de esta información son los implicados en la actividad.

Para ello, se ha recurrido a un sistema criptográfico de clave pública [7], mediante cifrado con **RSA**. Este método utiliza un par de claves para cada componente de la comunicación, por lo que es necesario generar las claves para todos los implicados. Para este cometido, es preciso que una autoridad certificadora emita cada par de claves y como se pretende que esta tarea no dependa de terceros, se ha implementado dicha autoridad certificadora sobre el propio servidor. En este punto, ya tenemos las herramientas necesarias para llevar a cabo una comunicación segura sobre un canal de dudosa confianza, por lo que cada envío que se realice dentro del sistema se verá obligado a viajar cifrado con la técnica descrita.

En los capítulos definidos para la explicación de la implementación, tanto de la parte del servidor como de la aplicación móvil, se verá en detalle el funcionamiento del uso de la criptografía para el cifrado de las comunicaciones.

3.3 Autenticidad del origen

No sólo es imprescindible garantizar la confidencialidad de los datos, también es inevitable que se tenga que verificar el origen del que provienen, es decir, garantizar la autenticidad de los mismos.

Por ello, además de cifrar la información, es necesario que los envíos vayan firmados por el emisor del mensaje, de esta manera y haciendo uso de las claves públicas y privadas de ambos extremos de la comunicación, se puede verificar desde el receptor que el mensaje pertenece al emisor del que espera recibir los datos. Para esta labor, se ha recurrido nuevamente a la criptografía de clave pública, generando una firma **RSA** usando el estándar de hash criptográfico **SHA256**, firmando así cada mensaje originado en la actividad.

Por tanto el sistema garantiza tanto la confidencialidad de los datos como la autenticidad de los mismos. Además, en el siguiente apartado, se intentan solventar los problemas de suplantación y de transferencia de información realmente sensible, con una nueva función hash.

3.4 Código hash

Para evitar el traspaso de información sensible innecesaria se ha creado un sistema que genera un código para cada empleado, de tal manera que este código es único y tiene la capacidad de identificar al empleado en cuestión, independientemente de la instalación a la que pertenezca.

La intención de generar un código de esta manera se basa en dos fundamentos. Por un lado evita tener que realizar envíos con el nombre del empleado además de su código de trabajador y el código del aeropuerto, lo cual implica que viaje a través de un canal no seguro información confidencial. También permite garantizar que un empleado no pueda tener más de un terminal asociado en cada instante. Este código se genera a partir de una función hash criptográfica mostrada en uno de los apéndices de esta memoria, haciendo uso de datos que identifican al empleado de manera única y una componente que varía, una fecha, pero que permite cumplir la segunda premisa.

En primer lugar, en el instante que se da de alta un nuevo empleado en la plataforma se genera a partir de esta función hash un código, con los datos que lo identifican y utilizando como componente no aleatoria la fecha de alta en el sistema. Este código será requerido en el momento que se desee vincular un terminal con el empleado, en lugar de introducir los datos del trabajador, se inserta el código y automáticamente quedaría establecido el vínculo. Justo en ese instante, se regenera un nuevo código, esta vez con la fecha de vinculación, lo cual implica que obligatoriamente este código sea diferente. De esta manera cada código que se utilice queda automáticamente descartado para futuros usos. La respuesta que le llega al terminal del empleado, de manera cifrada y firmada, es el nuevo código y su información de empleado. A partir de este momento, no se vuelve a enviar ninguna información que identifique al trabajador salvo el propio hash.

En el apéndice B de este documento, se expone la función hash que se ha creado para este cometido.

3.5 Implementación segura

Para poder llevar a cabo una comunicación segura utilizando criptografía de clave pública, lo primero es disponer de las claves necesarias. La generación de las claves es una tarea que está asociada al servidor pues éstas tienen que estar certificadas, de tal manera que el propio servidor actúa como autoridad certificadora. Para cada punto de la comunicación es necesario disponer tanto de la clave pública como de la privada, repartidas convenientemente en una configuración previa. El servidor tiene un único par de claves asociadas a él mismo y para cada empleado se genera un nuevo par.

Una vez repartidas las claves, se puede proceder a la realización de las operaciones propias de una comunicación segura. En la figura 3.2 se puede observar el proceso completo de un envío.

Los pasos a seguir en cada comunicación cuyo canal no sea seguro, básicamente la transferencia de información entre el servidor y la aplicación móvil, ya sea directamente mediante sincronizaciones o haciendo uso de GCM para las notificaciones, son los siguientes.

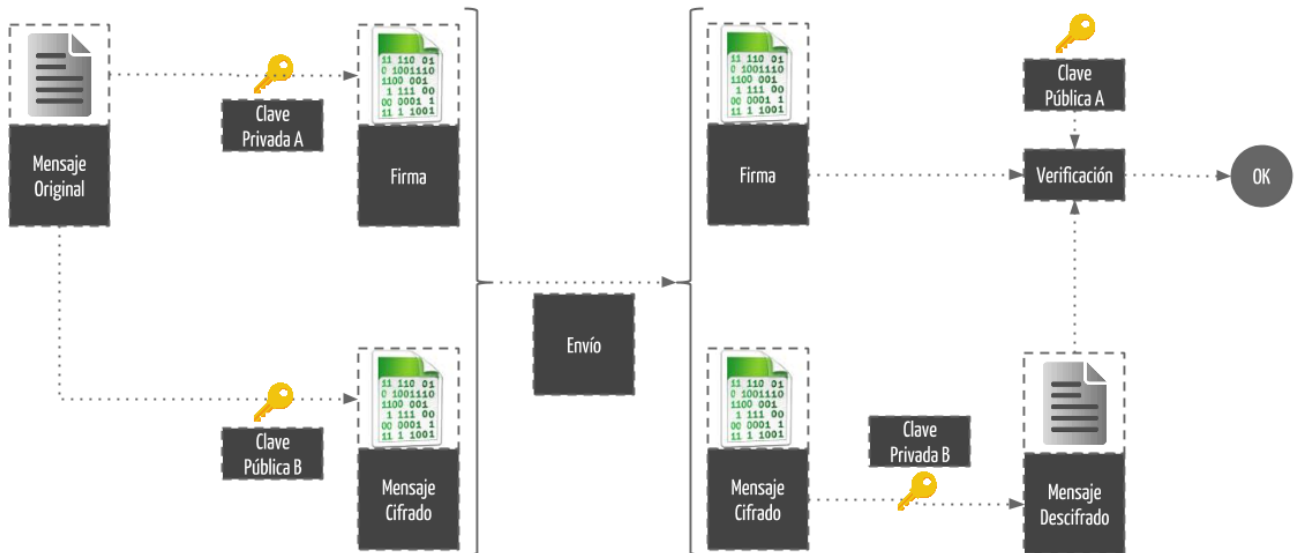


Figura 3.2. Proceso de cifrado-firma y descifrado-verificación

El emisor, con el mensaje original, genera dos elementos, un mensaje cifrado con la clave pública del receptor y una firma con su clave privada. Para cifrar se hace uso del método criptográfico **RSA** y para en el proceso de firma RSA se usa un hash utilizando el método **SHA256** [8].

El receptor recibe el mensaje cifrado y firmado codificado y su primer cometido es decodificarlo para separar las partes relativas a la firma y mensaje. Una vez disponga de ambas partes de manera individual, procede a descifrar el mensaje con su clave privada. Cuando obtenga el mensaje original junto con la firma y la clave pública del emisor, verifica la autenticidad del origen.

Capítulo 4.

Sistema de localización

4.1 Agentes implicados

El sistema de localización consta de varios elementos implicados. Tal y como se puede ver en la Figura 4.1, exactamente intervienen tres agentes y también se ve involucrado, en cierto modo, el sistema de comunicación.



Figura 4.1. Sistema de localización

4.1.1 Balizas

Los dispositivos Bluetooth Low Energy (BLE) son el elemento principal en el sistema de localización. Estas balizas permiten establecer los puntos de referencia dentro de la instalación.

En primer lugar, es necesario comprender el funcionamiento de estos dispositivos, pues es la base para entender el papel que juegan en el sistema. Cada baliza emite una señal BLE con una serie de parámetros que lo identifican y otra información asociada, más adelante se podrá observar la relación de parámetros de los que disponen estas balizas así como la estructura interna que se sigue para organizar la información. La frecuencia de esta señal es configurable pero el estándar establecido para los dispositivos utilizados es de 995 ms. Existen otros tipos de dispositivos cuyo estándar está establecido en 1000 ms, lo cual no es del todo relevante para el presente

proyecto. Esto quiere decir que en todo momento se dispone de la información de las balizas a las cuales estemos dentro de cuyo radio de actuación. El radio de actuación se determina mediante una distancia de 100 metros para una comunicación efectiva pero se ha de contemplar las barreras arquitectónicas o la inhibición de la señal a causa de cualquier onda que interfiera en el correcto funcionamiento, entre otros factores que puedan alterar esta medida.

En segundo lugar, es necesario saber cómo posicionar a una persona en la instalación. Estas balizas se sitúan a lo largo del complejo de tal manera que se ubiquen en posiciones estratégicas y a una distancia máxima entre ellas la cual permita cubrir el total de la superficie que se desee controlar. Cada baliza se representa en un mapa mediante la latitud y la longitud del punto donde se hayan colocado. Esto permite saber en cada momento, qué baliza o conjunto de balizas se están detectando y tener un punto georreferenciado para su posterior análisis.

4.1.2 Terminales

En el lado opuesto a las balizas, tenemos una entidad activa que va a ser representada por los teléfonos inteligentes.

Estos terminales han de llevar instalada y configurada la aplicación móvil que se ha creado en este trabajo, cuyo fin es el rastreo de las balizas. En el Capítulo 6 se hablará con más detalle de la implementación de esta aplicación, pero a grandes rasgos se trata de un servicio que se ejecuta en segundo plano y en todo momento es capaz tanto de hacer un rastreo de las balizas como de realizar un envío al servidor con la información encontrada. En este servicio se pueden configurar una serie de parámetros los cuales definen los tiempos de envío, rastreo y descanso, para llegar a un punto de equilibrio entre el consumo de batería y una información mínima requerida para que el sistema de localización sea efectivo.

4.1.3 El servidor

Como nodo final de este sistema se encuentra el servidor, que es el encargado de recibir el total de datos de todos los empleados que se encuentren en la instalación. No sólo sirve como almacén de datos si no que es capaz de hacer un estudio de los mismos, de tal manera que pueda determinar

la posición de cada empleado en cada instante de una forma relativamente acertada.

4.2 Gestión y análisis

En este apartado vemos por qué se dice que se obtiene una posición de “forma relativa” y no se hace de una manera que sea mucho más precisa. También se explica cómo determinar la posición con los valores que se envían desde los terminales.

Para poder determinar la posición es necesario saber qué baliza se encuentra más próxima a cada empleado y para ello se utilizan dos características que tienen todos los dispositivos: un identificador único, que en este caso usa de la dirección MAC, y la potencia de señal (RSSI). Existen otros identificadores asociados a los dispositivos pero por simplicidad se ha optado por escoger la MAC. El RSSI es un valor que indica la potencia de señal recibida [9] y permite hacer los cálculos de las distancias a las que se encuentra un empleado de una baliza.

Los terminales envían cada cierto tiempo un conjunto de datos al servidor, de tal manera que la MAC y el RSSI además de la identificación del empleado conforman dicho conjunto. Esta información es almacenada en la base de datos junto con la fecha y hora en la que se recibió el paquete. De esta manera tenemos los datos necesarios para poder determinar la posición del trabajador.

Antes de explicar cómo se hace este proceso, destacar que en cada instante de rastreo de balizas es más que probable que se encuentre más de una. Como el servidor es el encargado de realizar las operaciones necesarias para determinar la ubicación, se envían tantos paquetes como balizas se hayan detectado.

Entonces, con la información que se tiene en la base de datos, es hora de definir la forma que se tiene de determinar la posición de un empleado. Tal y como se nombró en el capítulo introductorio de este documento, existen numerosos estudios que intentan solventar los problemas asociados a una localización en interiores con este tipo de tecnologías. La gran mayoría de

ellos, intentan llevar a cabo un sistema de alta precisión, el cual se ha considerado innecesario para el uso real de este trabajo.

Por tanto, el sistema basa el conocimiento una aproximación a las balizas, tal y como indica el valor RSSI. Cuanto más negativo sea este valor, más lejos se encuentra el trabajador del punto de referencia, hasta llegar al caso de que no sea capaz de detectarlo. Así, el servidor realiza un análisis tomando como puntos de referencia aquellos que tengan un mayor valor de señal.

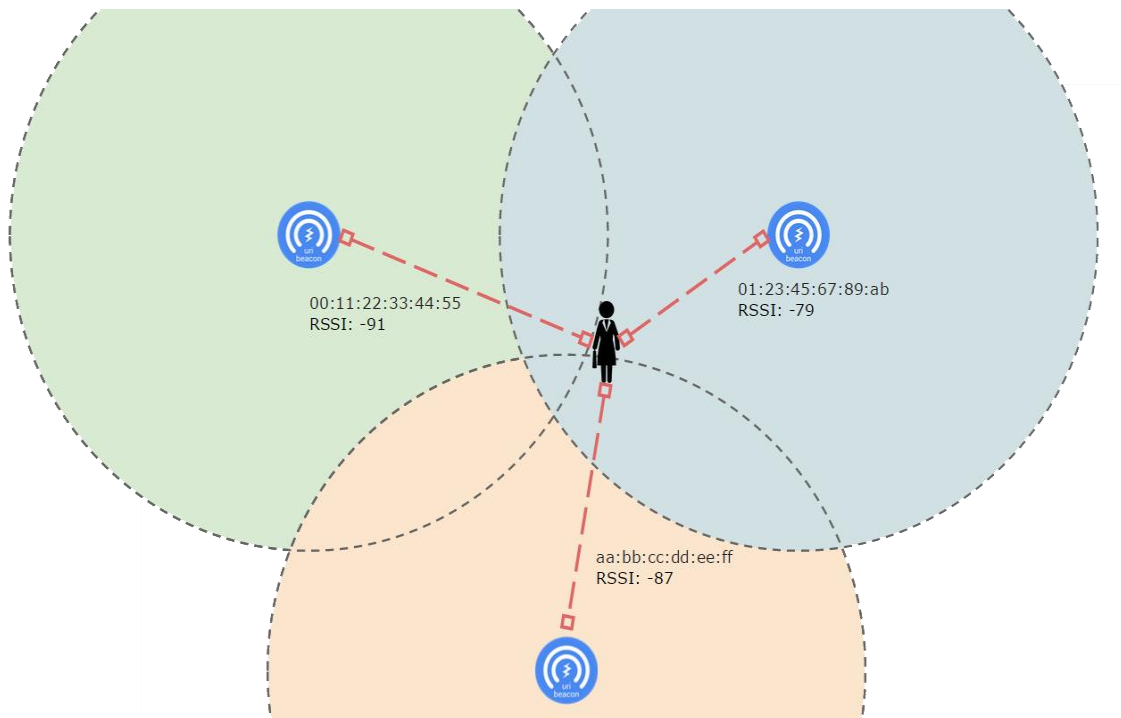


Figura 4.2. Detección de balizas

Tal y como se ilustra en la Figura 4.2, el terminal de un empleado está detectando en un mismo instante tres dispositivos, cada uno con su dirección MAC y con una potencia determinada. Se realizan los envíos pertinentes y una vez guardado en el servidor, en el momento del análisis, escoge como posición más cercana la baliza con MAC **01:23:45:67:89:ab**, pues es la que mayor valor RSSI indica.

Capítulo 5.

Combinación de sistemas

En este capítulo se explica cómo haciendo uso de los sistemas de comunicación y localización anteriormente descritos se logra una optimización en la asignación de recursos dentro de grandes instalaciones.

5.1 Definición

Tal y como se ha explicado el sistema en su conjunto es capaz de localizar a cada trabajador que se encuentre en la instalación y además tiene la posibilidad de comunicarse con ellos.

El propósito de esta herramienta es dar la posibilidad de indicar una necesidad y asociarla a una zona del complejo, para que sea el sistema en quien deriva la labor de buscar a aquellas personas que se encuentran más cerca de dicha necesidad y posteriormente notificárselo. Así, la herramienta permite delegar la búsqueda y comunicación al sistema, dejando como única tarea el hecho de crear y asociar la necesidad.

Lógicamente las necesidades que puedan surgir son representadas por las tareas que van a desempeñar los trabajadores. Esta tarea lleva asociada una serie de datos tales como, la categoría a la que pertenece un empleado para poder vincularla con los empleados que pertenezcan a esta misma categoría, o la zona en la que se ha determinado la necesidad. Otra información se refiere a la prioridad, el número de trabajadores que deben desempeñar la tarea y los estados en que se encuentra la misma. Así, el sistema proporciona como resultado a la búsqueda, un conjunto de empleados “idóneos”, pues tiene en cuenta la proximidad pero también otros factores como la categoría o la ocupación de cada empleado.

5.2 Ejemplo ilustrativo

En este apartado se muestra una posible situación real donde intervienen varios empleados así como una tarea concreta, con su respectiva categoría y un número de empleados asociados, para comprender de una forma menos teórica cómo funciona la herramienta. Como apoyo para esta explicación se tomará la Figura 5.1 de referencia.

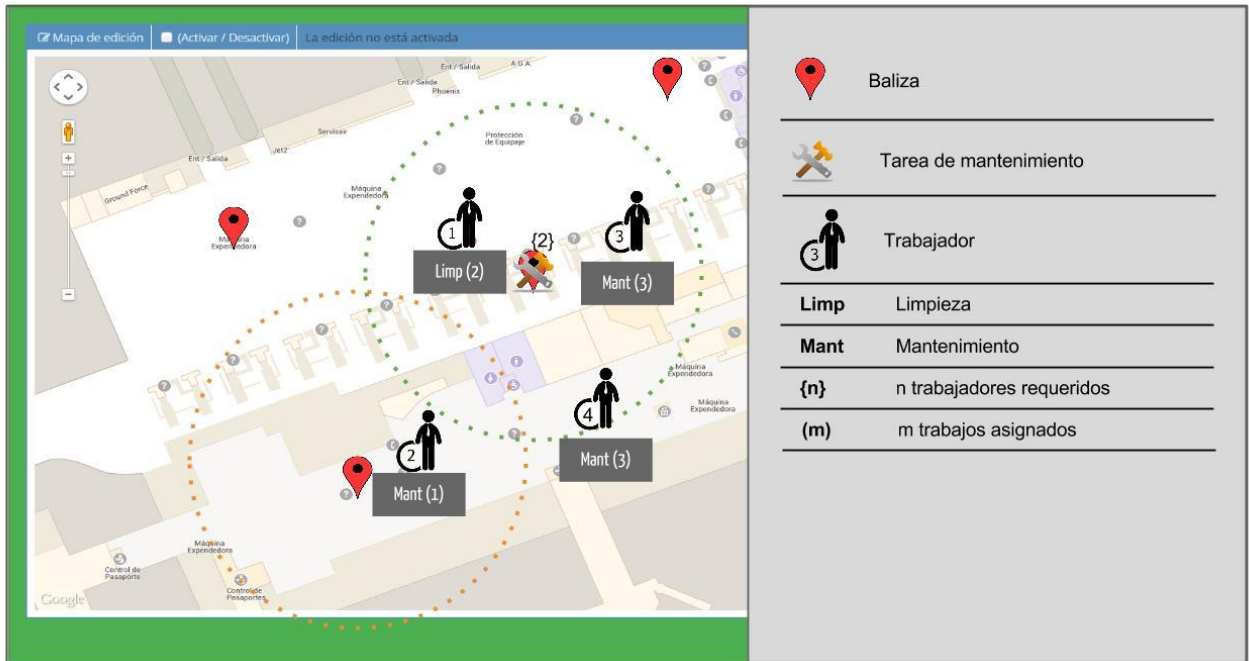


Figura 5.1. Búsqueda y notificación

Primero obsérvese que se ha asociado a la baliza central una tarea cuya categoría es mantenimiento y que se ha establecido que requiere dos trabajadores. También es necesario comprender que cada baliza no representa un punto exacto en el complejo sino una zona donde se desea que se lleve a cabo una actividad.

También se muestra la ubicación de cuatro empleados, lo que representa la situación tal y como la percibiría el sistema en el momento de crear la tarea en la plataforma. Justo en ese momento se comienza el proceso de búsqueda de los empleados que se han indicado.

Desde el primer instante, se descarta al **empleado 1** pues se trata de una tarea de **mantenimiento** y este trabajador tiene una categoría de **limpieza**. Sin embargo, los tres empleados restantes sí que llevan asociada la misma

categoría que se requiere para la actividad, por lo que todos son candidatos a ser elegidos por el sistema.

Por un lado, el sistema ordena a los empleados según la distancia a la que se encuentran del punto determinado, quedando como orden de preferencia en primer lugar el **empleado 4**, en segundo lugar el **empleado 3** y en último lugar el **empleado 2**.

Por otro lado y posteriormente al primer proceso de selección, se tiene en cuenta la ocupación de cada uno de los candidatos. De esta manera, a pesar de que el empleado 2 se encuentra a una mayor distancia de la actividad, se toma como elección para realizar la actividad, pues es el que menor carga de trabajo tiene asignada y se encuentra a una distancia no tan muy grande de la zona de actividad. Seleccionado un primer empleado, la tarea indica que se requieren dos, por lo que si tenemos en cuenta el nivel de ocupación de los dos posibles candidatos, se observa que están en igualdad de condiciones, por lo que se toma la decisión basándose en el primer criterio, la proximidad a la tarea. En este instante, ya se ha escogido también al empleado 3 para completar los trabajadores requeridos para la actividad.

Ahora que el sistema de localización ha cumplido su función es el momento en el que interviene el sistema de comunicación. Como se dijo en el capítulo 2, una tarea se divide en trabajos y son estos los que se asocian a los empleados, por lo que se genera un trabajo nuevo para cada candidato seleccionado y se les hace llegar mediante notificaciones push a través de GCM, tal y como se comentó en el capítulo 3.

5.3 Funcionamiento interno

Como son muchas las partes que intervienen, este apartado se enfoca a representar la interacción de cada una de los implicados con el resto. Es necesario decir que se trata de una herramienta en tiempo real, lo cual implica la necesidad de realizar los cálculos bajo demanda, es decir, en cada instante que se realice una acción con el sistema se requiere que se tomen los datos nuevos que hayan podido llegar al servidor.

El primer implicado en esta actividad es el conjunto de personas encargadas de administrar el sistema. Estas personas tendrán acceso a toda la

información a través de una plataforma web y desde ella podrán ver la actividad que se está desarrollando en cada instante así como indicar nuevas necesidades.

El segundo implicado es el servidor, que será el núcleo de toda la actividad. Es el encargado de almacenar el total de los datos, desde las localizaciones de los empleados hasta las tareas y trabajos generados. Además, también se delega la responsabilidad de ejecutar los procesos necesarios que generan las diferentes acciones disponibles. La acción más importante es la de la propia búsqueda y notificación en cada creación de una nueva actividad. Ya se mencionó en el ejemplo del apartado anterior, cómo funciona este proceso conjunto, pero cabe destacar que no siempre es posible encontrar a todos los trabajadores necesarios para llevar a cabo una tarea, por lo que se ejecuta una acción complementaria que determina que para dicha tarea faltaron empleados por asignar, dando la posibilidad de posteriormente realizar una nueva búsqueda únicamente para los trabajos que quedaron sin asignación.

Finalmente, la aplicación móvil es la encargada de proporcionar un método de interacción con el empleado. Permite recibir notificaciones de nuevos eventos así como la gestión de las tareas que tengan asignadas. Todos los empleados pueden interactuar con la aplicación de sus terminales indicando en qué estado se encuentran en cada momento, es decir, modificando los estados de las tareas.

Es necesario tener en cuenta que tanto la localización como el estado en el que se encuentran las tareas varían constantemente. También el propio estado de cada trabajador no es un factor estático, por lo que es por este motivo por lo que se ha indicado anteriormente que es un sistema en tiempo real.

En la figura 5.2 se muestra todo el flujo de actividad que se lleva a cabo en el uso de este sistema, tomando como extremos la interacción que realizan los administradores con la plataforma, los empleados con la aplicación móvil y también las balizas y el envío constante de señal.

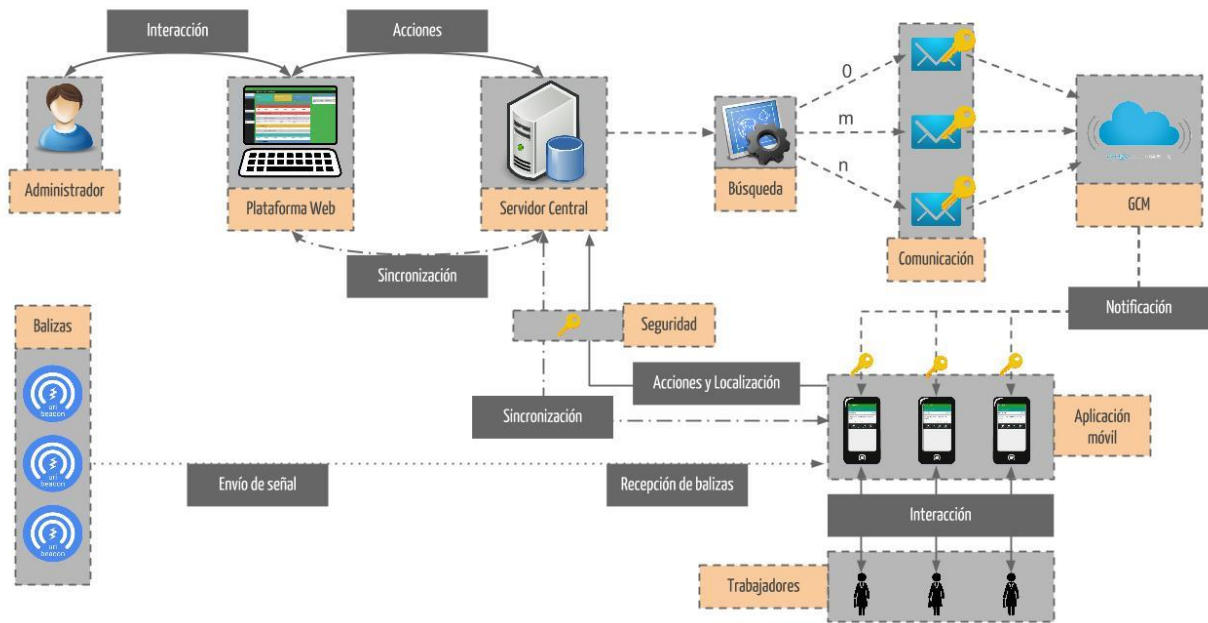


Figura 5.2. Ciclo del sistema

Se ve claramente que la mayor parte de la actividad se genera entre el servidor, la aplicación móvil y el servidor de GCM y todo este tráfico de datos se realiza a través de internet, por lo que, tal y como se muestra, existe una capa de seguridad en todas las comunicaciones.

Por último, destacar que todas las balizas tienen un perfil de entidad pasiva. Esto es así porque su única función es la de indicar “**quiénes son**” de tal manera que la aplicación móvil sea capaz de tener el determinar cuál es el identificador que la caracteriza, para su posterior envío al servidor.

Capítulo 6.

Implementación del servidor

Este capítulo se ha dividido en varios apartados pues no ha sido una tarea trivial el desarrollo de toda la plataforma web, así como la gestión de la base de datos y análisis de la información. Consta de un apartado dedicado a las tecnologías implicadas, donde se exponen las herramientas que se han utilizado para llevar a cabo con éxito este proyecto, otro apartado para la definición y comprensión de la base de datos establecida, así como las relaciones entre los diferentes modelos que la componen. También se aborda en un apartado para el desarrollo de los controladores más significativos que forman parte de la herramienta en cuanto se refiere a la parte del servidor. Por último se dedica un apartado para explicar el funcionamiento de las cuatro operaciones básicas que se han de ejecutar en cada momento de la comunicación. Lógicamente no solo interviene el servidor sino también la aplicación móvil pero se incluye en este capítulo pues la parte más importante de este proceso empieza en el servidor.

6.1 Tecnologías implicadas

Con el fin de simplificar la labor del traspaso de información entre los diferentes componentes del servidor (modelos, vistas y controladores), se ha decidido utilizar un lenguaje único para todas las partes que lo constituyen. El lenguaje escogido ha sido **JavaScript** [10] [11], con el uso de diferentes frameworks y utilidades que permiten que el back-end, el front-end y la base de datos se comuniquen en este lenguaje.

Para realizar el back-end se ha hecho uso de **NodeJS** [12] y **Express** [13] que permiten la implementación de un servidor totalmente funcional y su vinculación con las bases de datos. Para el front-end no se ha utilizado ningún framework especial pues dentro de Node es posible utilizar renderizadores que permiten incorporar código embebido dentro del propio código html. En este

caso se ha usado **Jade** [14] como motor de renderización, el cual permite un ahorro de más del 50% de código frente al tradicional html.

En cuanto a la gestión de la base de datos se ha utilizado **MongoDB** [15] ya que se integra perfectamente con Node.js y Express ya que utilizan el mismo lenguaje. Se trata de un sistema de base de datos NoSQL orientado a documentos, lo que quiere decir que no guarda los datos en los clásicos registros sino que utiliza un almacenamiento en documentos con formato BSON, que es una representación binaria de los objetos JSON. Además, MongoDB permite una gran flexibilidad y escalabilidad en la gestión de la base de datos, beneficiando al sistema propuesto pues se puede dar la necesidad de ampliar tanto en número de trabajadores como en cantidad de instalaciones el propio sistema, repercutiendo en la amplitud de la base de datos.

Por último, se han integrado con Node.js las herramientas necesarias para el desarrollo de la capa de seguridad mediante el uso de **OpenSSL**. Esta librería permite la implementación de las operaciones que conlleva un sistema de seguridad, posteriormente se muestra en detalle cada uno de los pasos a realizar ya que las operaciones mencionadas no funcionan de manera individual, sino que es necesario realizar una secuencia de pasos para que logre tener un comportamiento exitoso.

6.2 Base de datos

La base de datos se ha definido de tal manera que permita hacer un sistema centralizado para incorporar diferentes instalaciones en un mismo panel de control. El presente proyecto se ha enfocado a la implantación en aeropuertos, por lo que en adelante cuando se hable de aeropuertos o de instalaciones estaremos haciendo referencia a una misma entidad.

En nodo raíz de toda la jerarquía de datos, parte del modelo **Airport**, pues de esta forma tendremos el mecanismo para identificar cada elemento a una instalación en concreto. Antes de continuar se muestra la estructura de la base de datos y las relaciones de los modelos en la figura 6.1, para tener una mejor visualización de cómo está internamente organizado.

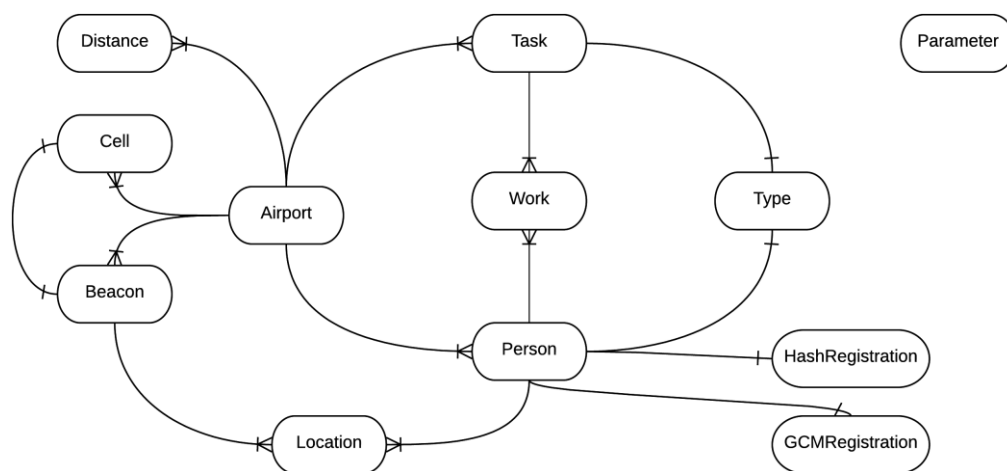


Figura 6.1. Base de datos

Efectivamente, se puede observar que **Airport** es el nodo raíz, pero también se nota la importancia del modelo **Person**, pues abarca una gran cantidad de relaciones. Cada empleado está contemplado dentro del modelo **Person**, que tiene sus propios datos identificativos, pero además se relaciona con los modelos **Location** y **Work**. Además se observa que el modelo **Task** contiene muchos trabajos y pertenece a un aeropuerto, como se ha explicado en capítulos anteriores, esta relación sirve para poder fragmentar las actividades y tener un control individual para cada empleado en relación con el trabajo que está realizando.

Esta es la base de toda la estructura interna de la definición de los datos, pues los demás modelos son igualmente importantes y también totalmente fundamentales para el correcto funcionamiento de la herramienta, pero la mayor parte del sistema se basa en estos modelos. Cada modelo tiene su función y a continuación se detalla mínimamente los más importantes.

6.2.1 Airport

Este modelo tiene información relativa a la propia instalación. Además de un identificador, tiene sólo cuatro atributos pero que son totalmente necesarios. Un nombre y una localización, permiten formar cada URL de la plataforma web, pues es más amigable utilizar estos valores que referirse a la instalación que nombrarlas por el identificador numérico. También tiene una latitud y una longitud, que sirven para centrar en mapa y ver la actividad sobre el mismo.

6.2.2 Person

Un trabajador está asociado a un aeropuerto, y además tiene información relativa al propio trabajador, como es la categoría a la que pertenece. Esto nos sirve, como ya se ha venido explicando, para asociar una tarea a una persona. También existe un atributo que identifica el tipo de dispositivo que utiliza. En estos momentos por defecto es Android, pues la aplicación móvil no se ha implementado sino para este sistema operativo, pero da flexibilidad para crear otros sistemas de comunicación entre el servidor y los dispositivos si se exporta a otras plataformas. Además cada persona tiene un identificador, un nombre y una fecha de alta en la plataforma, estos valores intervienen en la creación de un hash [16] para la identificación de los empleados.

6.2.3 Task

Cada tarea pertenece a un aeropuerto, y además lleva consigo los datos fundamentales para poder encontrar a los empleados adecuados y tantos como sean necesarios, es decir la categoría y el número de empleados, respectivamente. También se añaden datos importantes que permiten definir en sí misma una tarea, la descripción y la prioridad, estos dos campos indican que es lo que hay que hacer y cuánto de urgente es con respecto a otras actividades que se puedan estar llevando a cabo.

Lógicamente también existe un atributo que determina a que zona del aeropuerto pertenece, ya que todo el sistema se sustenta en la base de que se optimiza la asignación de recursos gracias a la identificación de la región de actuación.

6.2.4 Work

Este modelo es clave para poder vincular las tareas con los empleados y determinar los estados en que se encuentran tanto los propios trabajadores como las actividades que se están realizando en el complejo. Esto es posible gracias a la definición de un atributo que indica el estado de un trabajo, y como se explicó en el capítulo 2, en el apartado de conceptualización, según en qué estados se encuentren los trabajos podemos determinar cuál es la situación de las actividades y del personal.

Para de poder hacer estudios sobre cómo es el flujo de los trabajos, se han establecido unos atributos que tienen la función de guardar la fecha y hora de cada cambio de estado.

6.2.5 Location

Este modelo es, sin duda, el más importante para poder desarrollar el sistema de localización. En él se almacenan los datos que indican cuáles son las balizas que se están detectando en cada instante, así como el empleado que se encuentra vinculado al dispositivo encargado del rastreo.

También se tiene que considerar que este modelo es el más cambiante pues cada iteración de envío al servidor, se añade un mínimo de registros igual al número de trabajadores activos en la instalación en ese momento, pudiendo darse el caso de que se incrementara notablemente esta cantidad si la aplicación detecta más de una baliza para cada empleado, situación más que probable dada la ubicación de las balizas.

6.2.6 Beacon, Cell y Distance

Estos tres modelos tienen un papel conjunto y poco cambiante. Por un lado, el modelo Beacon tiene la función de desambiguar cada baliza situada en la instalación, de tal manera que se asocie el identificador propio del dispositivo con una celda concreta. Por otro lado, el modelo Cell, es la representación de las balizas dentro del sistema. Entre otras cosas almacena la latitud y la longitud de cada dispositivo al que hace referencia. Por último, el modelo Distance tiene como finalidad tener almacenado los cálculos de distancias entre una celda y sus adyacentes, para agilizar el posterior cómputo que es generado en el proceso de búsqueda.

6.2.7 Resto de modelos

Los modelos que faltan por describir cumplen funciones más básicas. La intención de estas definiciones es desvincular datos que permanecerán estáticos, en la mayor parte del tiempo. De esta manera la actualización de otros modelos con mayor índice de cambios se podrá realizar de forma más rápida pues el manejo de los objetos que representan dichos modelos ocupa menos espacio en memoria.

6.3 Controladores

Los controladores dentro de Node.js son aquellas clases que contienen las funcionalidades. También permiten enlazar con la base de datos para consultar los modelos que intervengan en cada operación. Esta es una de las partes de un sistema establecido con la filosofía **Modelo-Vista-Controlador (MVC)** [17].

Todos los controladores que conforman este sistema son importantes pues cada uno de ellos desempeñan un papel cuya finalidad es o bien la visualización de los datos, en la plataforma web destinada para este objetivo, o bien la recepción y envío de información desde y hacia la aplicación móvil, respectivamente. Pero, como en cualquier proyecto, existe un conjunto de funcionalidades que tienen un mayor peso que otras dada su complejidad, finalidad, innovación o cualquier componente que permita destacar esta funcionalidad del resto.

Puesto que no se trata de un programa simple que se pueda definir de manera lineal, no existe un orden que indique la mejor forma de presentar las funcionalidades claves. Por este motivo se expone a continuación, aquellos métodos relativos a la interacción exclusiva con la plataforma web e inmediatamente después los pertenecientes a la interacción generada entre la plataforma web y la aplicación móvil.

6.3.1 Panel de control

La plataforma web dispone de una sección principal que permite ver toda la actividad generada dentro del complejo. La información que consulta para la visualización de dicha actividad se actualiza de manera constante y además realiza un conjunto de operaciones para determinar, con los datos almacenados, qué información es necesaria mostrar. En la Figura 6.2 se muestra la sección nombrada, en la cual intervienen tres funcionalidades que permiten visualizar el estado actual de la actividad. Estas funcionalidades tienen una representación dentro de la interfaz, las cuales están señaladas en la siguiente figura con una línea discontinua.



Figura 6.2. Panel de control de la plataforma

Cada una de estas áreas se actualiza de manera independiente y de forma asíncrona automáticamente cada 10 segundos. Esto sirve para evitar que el administrador tenga que hacer una actualización de la página completa, proporcionando comodidad al usuario y un ahorro en la transferencia de datos innecesarios como un reenvío de las cabeceras, las hojas de estilos u otras consultas que se realizan a la base de datos de información que no varía con la misma frecuencia.

La sección situada a la derecha del panel, indica el estado actual de los trabajadores. Existe una funcionalidad que obtiene a todos los empleados que pertenecen a la actual instalación y en función de los trabajos que tengan asignados y el estado de los mismos se determina cuál es su situación. Tal y como se indicó en el apartado de conceptualización del capítulo 2, existen tres estados posibles en los que un empleado se puede encontrar. Se observa en la imagen que además de indicar el nombre del estado se identifica con un código de colores para que la visualización sea más intuitiva. Además del estado actual, es mostrada la categoría a la que pertenece cada empleado así como un enlace directo a su página de historial, donde se muestra la actividad individual del trabajador.

En la sección superior izquierda se contempla una información muy breve, que permite tener una idea del flujo de actividad actual. Esta área indica el número de actividades que permanecen activas o pendientes así como aquellas

que se han finalizado. De esta manera, el administrador puede observar de un modo muy directo si se están cumpliendo en un tiempo adecuado las tareas planteadas a los empleados o si, por el contrario, se están acumulando por algún motivo. De igual forma que los estados de los empleados, los estados en los que se encuentra una tarea están descritos en el mismo capítulo.

Por último, la sección con mayor cantidad de información está situada en la parte izquierda, a continuación de la anterior área. Proporciona una información detallada de cada trabajo, tanto la información relativa a la tarea (descripción, registro, categoría...) como la propia del trabajo (asociación al trabajador, estado actual...). Esta sección contiene una serie de apartados los cuales identifican los diferentes estados en los que se puede encontrar un trabajo.

Los estados de pausado y cancelado se han agrupado en un mismo apartado pues se espera que las actividades se realicen de manera continuada y lleguen a un final exitoso con una alta probabilidad, es decir, que tomen estos dos estados el menor número de veces posible. Claro está que siempre existen situaciones en las que se requiere el uso de alguno de los estados “conflictivos”, como puede ser la pausa de una actividad en un momento dado por la asignación de una tarea con mayor prioridad, o la cancelación de una tarea porque no pueda ser realizada debido a algún motivo.

A pesar de que en la figura no se muestre por falta de espacio, existen secciones para los estados “habituales” de un trabajo (pendiente, activo y completado). Se destaca nuevamente la repercusión que tienen los estados de los trabajos en el de las tareas, pues puede haber varios trabajos que pertenezcan a la misma tarea y se encuentren en diferentes apartados, ya que el estado del trabajo viene influenciado por la actividad que genera el empleado y el de una tarea viene dado por los estados en los que se encuentran todos y cada uno de los trabajos que tiene asociada.

Además, se ha creado un apartado, ubicado en la parte superior de esta sección debido a su importancia, que permite visualizar aquellas tareas que no lograron obtener trabajadores para su asignación o que solamente encontraron a un conjunto de los mismos. La importancia de este apartado está marcada por la necesidad de informar a los administradores de la situación que este apartado representa. Se ha puesto a disponibilidad de los administradores la

posibilidad de realizar una reasignación para aquellos trabajos que no lograron ser asignados, de tal manera que si, por ejemplo, la tarea estaba contemplada para ser realizada para tres empleados y solamente se encontró uno disponible, la acción de reasignar se ejecutaría exclusivamente para los dos trabajos restantes que no tuvieron éxito.

6.3.2 Mapa de actividad

El segundo controlador destacado que pertenece al grupo de visualización, trata de mostrar la actividad de un empleado a lo largo de una jornada en un mapa ilustrativo. En la Figura 6.3 se puede observar una traza del movimiento a lo largo de la instalación así como las zonas de mayor actividad.

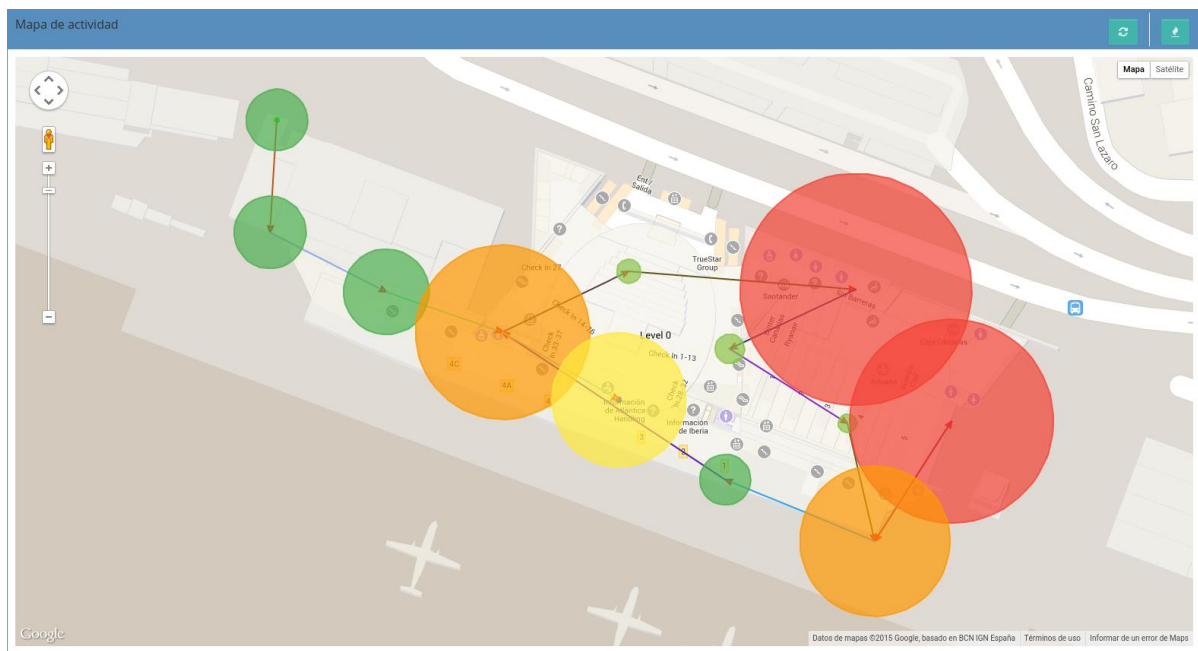


Figura 6.3. Actividad de un empleado

Al tratarse de una imagen estática no proporciona la misma potencia que en la plataforma web. La visualización de la actividad se genera de tal forma que crea una secuencia de puntos por donde el empleado se ha ido desplazando, de tal manera que cada 750 milisegundos pinta una nueva flecha, desde el punto actual hasta el siguiente. Además, por si se solaparan varias flechas se generan de un color aleatorio, pudiendo así ver con mayor claridad los posibles cruces que se generen. En último lugar, se pintan los

círculos que indican, según el tamaño y color, el tiempo de actividad que se ha estado en cada punto de la actividad.

Para generar los puntos significativos que se mostrarán en el mapa así como para determinar cuánto de importante es una zona con respecto a las demás se ha creado un controlador con una serie de propiedades que logran obtener un flujo real pero de tal manera que no se genere un exceso de información sobre un espacio tan reducido.

Por un lado, recordar que para cada empleado se registra cada iteración una o más balizas detectadas, a las cuales se les añade la hora en que fueron enviadas al servidor. Solamente para un trabajador podemos tener en una jornada laboral más de 3000 entradas en la base de datos, por lo que la cantidad de datos es totalmente inviable de mostrar en el mapa de manera coherente. Para lograr esa correcta visualización se han determinado tres operaciones fundamentales. La primera consiste en filtrar todos los registros que para un mismo instante tengan mayor RSSI, pues como se nombró en capítulos anteriores, el sistema se basa en esta medida para determinar la posición relativa del empleado. En segundo lugar, se agrupan todos los registros que de forma continua se encuentren asociados a una misma baliza y se añade la frecuencia en la que se ha encontrado, descartando aquellos cuya frecuencia no supere la media. Llegados a este punto de los 3000 registros iniciales tenemos una cantidad mucho más reducida, en torno a 100 puntos, lo que sigue siendo un número elevado, por ello, el proceso de filtrado por media se repite de tal forma que de los restantes, los que superen el 60% de la media son los que se consideran puntos significativos. Al final del proceso se tiene una cantidad adecuada de puntos a mostrar, aproximadamente entre 10 y 20 puntos, según la variación de movimiento del trabajador.

Para realizar el cálculo de las zonas de actividad, sin embargo, se toman sin descartar ningún registro de los guardados en la base de datos. Simplemente se agrupa según la baliza que tenga asociada y se le asigna una frecuencia. Posteriormente a esta operación se descartan aquellos puntos que no se encuentren dentro de la búsqueda anterior de puntos significativos, de esta manera no es necesario hacer el proceso de búsqueda y filtrado sino una única vez. En este momento ya tenemos los puntos que son importantes y el “peso” que se le proporciona a cada uno de ellos, por lo que solamente es necesario pintarlo en el mapa de forma coherente.

Capítulo 7.

Implementación de la aplicación móvil

Este capítulo recoge las partes más destacadas del desarrollo de la aplicación móvil: las funcionalidades y clases consideradas más importantes. También se mencionará el uso de las balizas **The Physical Web**, que funcionan con otro estándar diferente del de las balizas Bluetooth convencionales (AltBeacon [18] o iBeacon [19]).

El funcionamiento básico de la aplicación móvil consta de tres factores destacables, la interacción con el empleado, la sincronización de las bases de datos entre la propia aplicación y el servidor, y el servicio de monitorización de balizas.

En primer lugar, la interacción que puede producir un trabajador es aquella relacionada con la gestión de las actividades. También es posible la detención de cualquier tipo de rastreo de balizas y de la entrada de notificaciones. Esto es así pues es necesario que el empleado pueda terminar la jornada laboral e indicar que dicha jornada ha llegado a su fin, con el propósito de no incomodar al empleado fuera del horario de trabajo.

En segunda instancia, la sincronización de las bases de datos entre los agentes implicados del sistema sirve para tener una actividad más fluida dentro de la aplicación y para un ahorro en el consumo de datos.

En último lugar, es clave la monitorización de las balizas pues es la base de todo el sistema de localización. Se ha planteado como un servicio independiente de la propia aplicación que se ejecuta de manera independiente a la actividad generada por el trabajador.

También se hará mención a los diferentes servicios web establecidos en el servidor para poder realizar la interacción entre el servidor y los terminales. Además destaca el uso de una librería que permite gestionar diferentes aspectos de la comunicación.

7.1 Interacción con los empleados

Como se ha explicado, los empleados tienen una serie de acciones posibles a realizar frente a la aplicación móvil. Se trata de tres grupos de operaciones que permiten la gestión simplificada de las tareas, comunicación y recepción de los envíos. En la Figura 7.1 se observan tres capturas de la aplicación donde se distinguen las diferentes áreas que la componen.

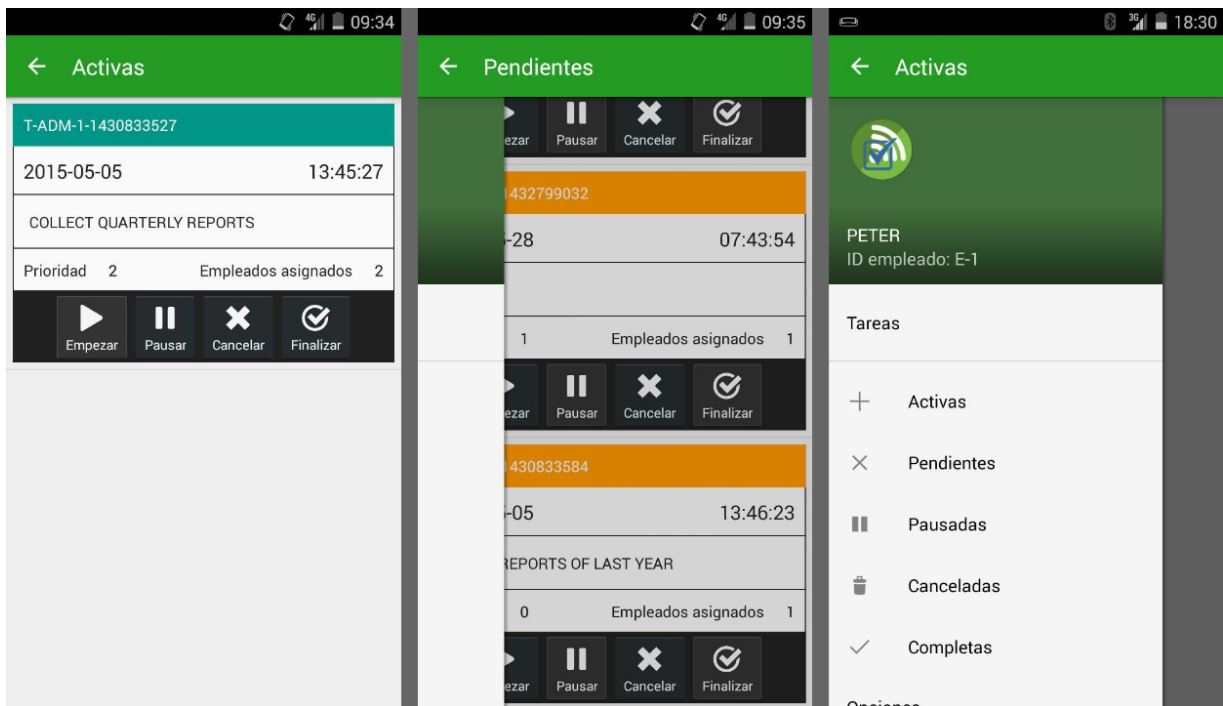


Figura 7.1. Previsualización de la aplicación

Principalmente existen dos áreas. Una es donde se muestra la actividad del empleado vinculado al dispositivo. Cada tarea aparece con una cabecera indicando el identificador de la actividad, además de seguir un patrón de colores para que sea más intuitiva la ubicación de las actividades según el estado en el que se encuentren. Cada actividad tiene 4 posibles acciones, disponibles o bloqueadas según el estado actual, tal y como se describió en la Figura 2.1, que mostraba el ciclo de un trabajo.

Además dispone de un menú el cual tiene una sección para el control de las propias actividades. En otra sección se encuentran dos acciones importantes: el cierre de sesión, lo cual produce la finalización del servicio de monitorización y de recepción de actividades; y la desvinculación de empleado frente al terminal, acción que provoca que no haya ningún tipo de asociación externa entre la plataforma y el empleado.

Las posibilidades que ofrece la aplicación son reducidas pero más que suficientes pues su uso tiene que ser rápido e intuitivo ya que se trata de una herramienta que pretende agilizar el control de las actividades y no provocar un retraso en las mismas debido a que sea de difícil uso.

7.2 Sincronización de los datos

La sincronización es una parte fundamental para poder simplificar la labor de la comunicación entre la plataforma y las aplicaciones móviles. Esta herramienta funciona de tal manera que existe una base de datos central situada en el servidor, la cual contiene los datos de todos los empleados dados de alta y de las tareas de todas las instalaciones registradas. Lógicamente, es del todo inviable e innecesario realizar copias en los terminales de la base de datos al completo, por lo que la función de sincronización genera una copia única y exclusivamente de los trabajos asociados al empleado propietario del dispositivo. De esta manera se obtiene una base de datos funcional y reducida a una única tabla, suficiente para manejar la gestión de las actividades.

Aunque uno de los objetivos sea un ahorro en el consumo de los datos, es necesario disponer de los datos actualizados en todo momento. Por este motivo en cada instancia de la aplicación se crea el proceso de sincronización verificando si los datos están o no actualizados. Básicamente, se hace este proceso cada vez que tiene lugar una apertura de la aplicación por parte del empleado. No es necesario actualizar los datos en segundo plano pues hasta que el usuario no interactúe con la aplicación no es indispensable disponer de las actividades más recientes.

Se desea aclarar que el proceso de sincronización es totalmente independiente del sistema de notificaciones, pues el segundo únicamente avisa al empleado de la existencia de nueva actividad, pero no guarda en el dispositivo los nuevos datos hasta el momento en que se abre la aplicación y se comienza el proceso de actualización de los mismos.

También, se ha visto innecesario estar enviando datos desde el servidor hasta la aplicación si realmente la información contenida está actualizada. Para evitar este problema se ha decidido crear un proceso de verificación de la información mediante el uso de un **token**, que identifica de manera única el

contenido del JSON que contiene las actividades. Además este token únicamente ocupa 32 bytes, lo cual es mucho menos espacio incluso que un JSON con una sola actividad. Este valor se obtiene con el uso de un **Checksum** con el método **MD5**.

Como se puede observar en la Figura 7.2, en la aplicación móvil se almacena el token, el cual en cada instancia se envía al servidor, donde se genera un nuevo token a partir de las actividades que tiene que enviar en ese momento. Si ambos valores coinciden se devuelve una respuesta positiva la cual le indica a la aplicación móvil que todo está actualizado. Por el contrario, si los valores difieren, se envía tanto el nuevo token como el conjunto de actividades actualizadas.

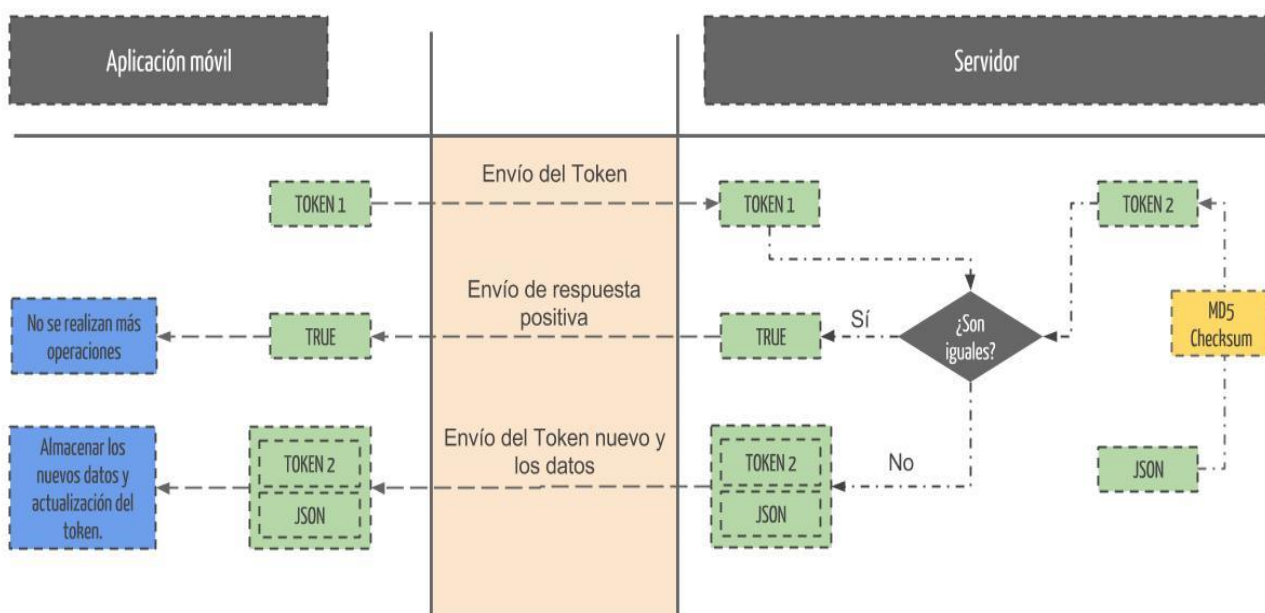


Figura 7.2. Proceso de sincronización con token

7.3 Monitorización de balizas

El funcionamiento básico del servicio de rastreo de balizas ya es conocido debido a la explicación previa de esta funcionalidad en anteriores capítulos, pero este apartado se plantea con el objetivo de dar a conocer el funcionamiento interno de este sistema en cuanto a la aplicación móvil se refiere.

Antes de continuar, recordar que las balizas utilizadas en este proyecto siguen un estándar distinto [20] al de otros dispositivos Bluetooth. La característica diferenciadora es la existencia de un espacio en la memoria del dispositivo destinado a guardar una URL.

Como se observa en la Figura 7.3, existe un espacio dentro de la memoria del dispositivo con capacidad para almacenar 28 bytes, de los cuales 17 bytes irán destinados para almacenar la URL.

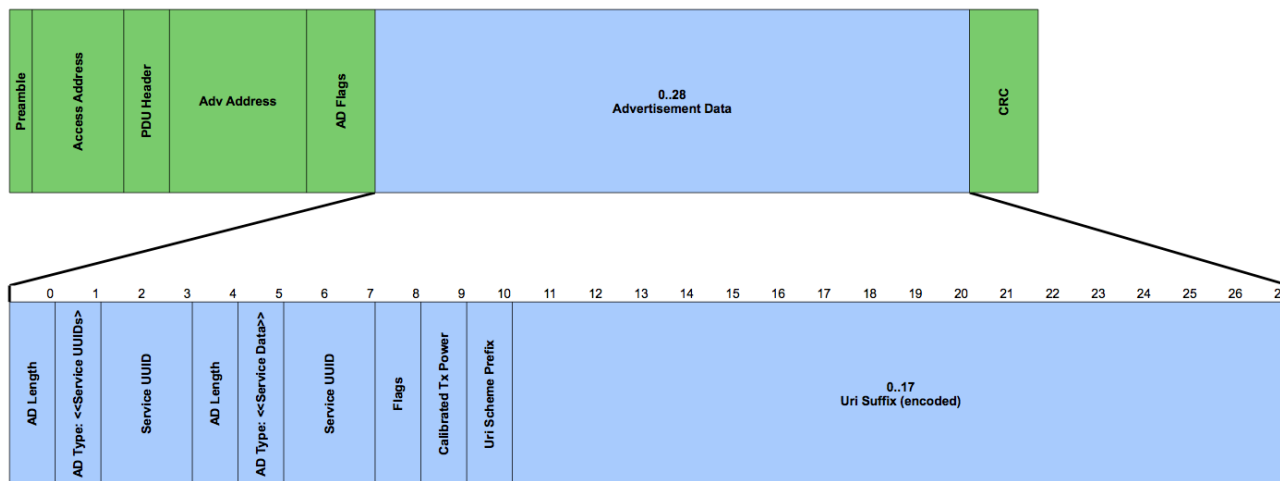


Figura 7.3. Advertisement Data

En el presente proyecto no se está haciendo uso de todo el potencial que ofrecen estos dispositivos, pero ha sido necesaria la investigación del estándar para poder obtener un identificador único dentro de este conjunto de datos.

Prosiguiendo con la explicación de la monitorización, se ha planteado de tal manera que no afecte a la interacción del usuario con la aplicación y, por supuesto, que sea capaz de ejecutarse en segundo plano y con el terminal en estado de bloqueo. De esta manera se han utilizado las herramientas que la programación en Android ofrece y se ha orientado esta utilidad a convertirse en un servicio dentro de la aplicación [21].

Por otro lado, se ha creado el servicio de tal manera que permita la optimización de la batería, pues el servicio de monitorización podría estar ejecutándose de forma continuada, lo cual provoca un consumo de batería asumible pero no necesario. De esta manera se han definido dos parámetros de configuración tal que el primero indica cuanto tiempo va a permanecer activo el servicio de rastreo y el segundo determina el tiempo en que este servicio está inhabilitado. Entonces se tiene que durante el tiempo de

descanso no se produce un consumo excesivo de batería y el tiempo fijado para el rastreo tiene que ser suficiente para asegurar que se detecta al menos una baliza, puesto que éstas emiten cada 995 ms se debería de fijar al menos un rastreo de igual tiempo al de emisión. Actualmente estos parámetros se encuentran en el modelo de Parameters, para desvincular del código los posibles ajustes que se deseen realizar.

También se define un tiempo de envío al servidor, lógicamente es la suma de los tiempos de rastreo y pausa pues ni se requiere enviar con más frecuencia si los datos son los mismos, ni se debería enviar con un menor tiempo de repetición pues se estarían descartando datos de los obtenidos en la fase de rastreo.

7.4 Servicios web

Dentro de la aplicación se ha creado un paquete con diferentes servicios web, todos con una función específica. Antes que nada, indicar que se ha usado una librería llamada **Volley** [22], desarrollada por **Google**, que simplifica la tarea que supone realizar peticiones asíncronas a una dirección. Ésta permite administrar elementos como pueden ser asuntos de caché, diferentes tipos de datos, reintentos en las peticiones, entre otros.

En la aplicación asociada a este trabajo se han usado bastantes de las herramientas que ofrece esta librería, en especial la política de reintentos, pues es evidente que no siempre las conexiones inalámbricas funcionan a la primera, por lo que se ha decidido definir esta política en intentos de 10000 ms con un máximo de 5 repeticiones. Esto implica que los datos son almacenados en la caché del dispositivo hasta que logran ser enviados o por el contrario se eliminan de la pila de envíos.

Existen varios servicios que están disponibles para la consulta desde la aplicación móvil. Se listan a continuación de manera muy breve.

En primer lugar, se define un servicio el cual es el encargado de generar y almacenar en la base de datos del servidor el identificador del dispositivo asociado al servidor GCM. Este servicio se utiliza en el momento de la vinculación del terminal con el empleado, también se vincula el terminal con el servidor de GCM. Este identificador sirve para desde el servidor poder

indicarle al servidor de Google a qué dispositivo es necesario enviarle la notificación.

Relacionado con la vinculación del empleado al terminal, existe otro servicio web que es el encargado de la verificación y actualización del hash. Como se ha explicado ante cada comunicación generada desde la aplicación móvil hacia el servidor, se verifica que el hash permanece activo.

Otro de los servicios web implementados está unido con el servicio de monitorización de balizas. En cada iteración de rastreo se envía la información de los dispositivos encontrados al servidor. Cabe destacar que este servicio únicamente sirve para enviar los datos, de tal manera que no devuelve como respuesta sino si ha logrado tener, o no, éxito la operación pudiendo así hacer uso de la política de reintentos.

Por último, existen dos servicios relacionados con la gestión de las tareas. Uno de ellos es el encargado de recibir las tareas y el token asociado o, en su defecto, solamente el token. De esta manera, el servicio web permite mantener actualizada la base de datos local al dispositivo. Cabe destacar que en los datos asociados con el empleado solamente se utiliza el hash para determinar qué trabajador está realizando la petición. El segundo de estos servicios es el encargado que se ocupa del envío de los cambios de estado de las actividades de los empleados. Igual que en el caso anterior se utiliza el hash activo para la identificación del empleado en el servidor.

Dentro de la aplicación móvil existen muchas más clases que son necesarias para el correcto funcionamiento de la aplicación: clases para la gestión de la base de datos, para el guardado de la configuración previa en el terminal de manera independiente a la base de datos, para la interfaz y para el control de los dispositivos. En el Apéndice B se destaca la estructura de clases que intervienen en la aplicación móvil.

Capítulo 8.

Presupuesto

Este capítulo recoge los cálculos estimados de los costes que supondría llevar a cabo este proyecto en un entorno real, diferenciando en dos categorías: personal y componentes.

8.1 Personal

En la siguiente tabla se muestra la relación de la actividad a realizar, el tiempo en horas que supondría llevarla a cabo y el coste asociado. Para realizar los cálculos se ha tomado como base el sueldo promedio de un Ingeniero informático en España, el cual gira en torno a 27000€ anuales, lo cual implica que contando 40 horas semanales el coste por hora es de aproximadamente 14€.

Actividad	Horas	Coste
Investigación y análisis de la tecnología BLE	50	700
Estudio del sistema de comunicación	40	560
Estudio del sistema de localización	60	840
Estudio de los componentes implicados	100	1400
Investigación de la seguridad necesaria	50	700
Desarrollo del sistema de comunicación	95	1330
Desarrollo del sistema de localización	125	1750
Integración de los sistemas	40	560
Verificación de los sistemas en el servidor y la aplicación móvil	75	1050
Desarrollo de la seguridad establecida	40	560
Incorporación de la seguridad al sistema de comunicación	35	490
Redacción de artículos para congresos	65	910
Redacción de la memoria	50	700
Total	825	11550

Tabla 8.1. Presupuesto de personal

8.2 Componentes

En esta sección se detallan los costes generados tanto de hardware como de software que fueron necesarios para el desarrollo de este trabajo.

Componente	Unidades	Coste
Android Studio	1	0
Node.js, MongoDB y Express	1	0
Servidor de desarrollo	1	150
Dispositivo móvil (BQ Aquaris E5 4G)	1	229,85
Dispositivo móvil (LG Optimus 9)	1	129
Dispositivos BLE (Blesh)	3	17
Total		560,75

Tabla 8.2. Presupuesto de componentes

8.3 Coste total

En la siguiente tabla se especifica los costes totales del proyecto, teniendo en cuenta los dos apartados anteriores con sus respectivos cálculos previos.

Categoría	Coste
Personal	11550
Componentes	560,75
Total	12110,75

Tabla 8.3. Presupuesto total

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el coste de realización del trabajo asciende a un total de doce mil ciento diez con setenta y cinco euros.

Capítulo 9.

Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se ha realizado un estudio previo de la posibilidad que ofrece el uso de nuevos sistemas que agilicen las labores propias de una instalación de grandes dimensiones, tal como puede ser un aeropuerto. Al mismo tiempo se analizaron las diferentes tecnologías que podrían pasar a formar parte de este proyecto para que, efectivamente, se hicieran de manera más rápida y sencilla las actividades planteadas.

Como primera solución del estudio realizado se concluyó que el aprovechamiento de la tecnología Bluetooth Low Energy junto con los teléfonos inteligentes podría ser una opción eficaz debido al bajo coste que actualmente suponen este tipo de dispositivos, sumados a un uso extendido e intensivo de los teléfonos por el reducido consumo de batería que presenta este sistema.

Una vez determinado que dicha tecnología constituye una buena solución para el problema, fue necesario establecer cómo se utilizarían las balizas, qué papel jugarían los teléfonos y cómo se comunicarían con un tercer elemento, que es el servidor. Además se planteó la necesidad de garantizar la seguridad en el traspaso de los datos entre todos los elementos que conforman el proyecto.

Uno de los aspectos que caracterizan este proyecto es la aplicación real del sistema, ofreciendo la posibilidad de simplificar la asignación de recursos dentro de este tipo de complejos. Puesto que la parte que más tiempo se ha requerido en este trabajo ha sido la implementación de las herramientas necesarias, se ha podido observar en un entorno simulado, el funcionamiento del sistema, lo que permitió verificar que se asignaban las tareas a los empleados adecuados.

De cara a una continuación con el desarrollo del proyecto, con el objeto de una implantación en la instalación, se podrían llevar a cabo una serie de trabajos. En primer lugar, realizar un estudio del despliegue de las balizas para la elección correcta de los dispositivos instalados. Se deben tener en cuenta la cantidad de dispositivos que se pudieran ubicar en el complejo, además de factores directamente influyentes en el mantenimiento de los dispositivos, como puede ser el uso de baterías para su rápida instalación o por el contrario hacer un despliegue con menor velocidad pero evitando el problema que puede suponer la dependencia de una batería. En segundo lugar, actualmente el sistema sitúa a los trabajadores de una manera aproximada, debido a que no se vio la necesidad de un control de ubicación tan preciso, pero se podría investigar la posibilidad de utilizar sistemas de triangulación para tener una localización mucho más precisa.

Por último, está previsto que sigamos trabajando en la línea de la seguridad de las comunicaciones, proporcionando independencia a la hora del traspaso de claves y para ello se podría optar por métodos seguros y eficientes como Diffie-Hellman elíptico.

Capítulo 10.

Conclusions and future works

In this work the possibility that new systems offer in relation to reducing the tasks inside a huge complex, like an airport, has been studied. At the same time, the different technologies that could form part of this work are analyzed with the objective that all activities could be made faster and simpler.

As a first solution, we concluded that the benefits of the use of Bluetooth Low Energy technology together with smartphones could be an effective option, in line for a low cost of these devices and the reduced power consumption of this system.

Once determined that this technology is a good solution to the problem, it was necessary how the beacon would be use, what role would perform the smartphones and how communicate with the server. Furthermore we determined the need to guarantee security in the transfer of data between all elements of the project.

One aspect that characterized this project is the real application, with the possibility of simplification of tasks assignment in the complex. Due to that almost all the time dedicated in this project was oriented to the implementation of the necessary tools, we could observe in a simulation context, a good performance of the system, verifying the correct assignment of the tasks to the appropriate employees.

In association with the future development of this project, we could perform a group of new tasks. In the first place, we can consider beacon deployment with the objective of choosing ideal devices. We should take into account the high number of devices to be installed into the complex. Also the maintenance of these devices is very important. The company can prefer a fast installation instead of removing the problem of depending on a battery for each device. In second place, at present, the system locates the employees in an approximate zone, because we did not consider necessary a high precision system, but the possibility to use triangulation methods and

increment the precision in relation to location inside the complex can be investigated.

Finally, it is planned that we go on working in the security of the system, providing independence when sharing the keys and in order to do it. The elliptic Diffie-Hellman method could be used.

Bibliografía

- [1] Néstor Álvarez, Pino Caballero, Francisco Martín, 2015. 4th International Conference on Theory and Practice in modern computing, 22 to 24 July 2015. Las Palmas de Gran Canaria, Spain <http://tpmc-conf.org/>
- [2] statista, 2014. Most popular mobile apps in United States.
- [3] Jeedella jeedella, Mahmoud Al-Qutayri, Majid Al-Shamsi, 2011. An integrated wireless indoor navigation system for visually impaired.
- [4] Nicola Cinefra, 2014. An adaptive indoor positioning system based on Bluetooth Low Energy RSSI. <http://www.academia.edu/7653732>
- [5] Zhu Jianyong, 2014. RSSI based Bluetooth Low Energy Indoor Positioning. International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation.
- [6] Google Cloud Messaging for Android. Google Services. <http://developer.android.com/google/gcm>
- [7] Richard A. Mollin , 2003. RSA and Public-Key Cryptography.
- [8] Secure Hash Standard (SHS), 2012. Information technology laboratory. National Institute of Standards and Technology Gaithersburg
- [9] Anja Bekkelien, 2012. Bluetooth Indoor Positioning, Received Signal Strength Indicator (RSSI)
- [10] David Flanagan, 2011. JavaScript, the definitive guide, 6th edition.
- [11] Douglas Crockford, 2008. JavaScript, the good parts.
- [12] Node.js on the road. <http://nodejs.org>
- [13] Express, web framework for Node.js. <http://expressjs.com/>
- [14] Jade, Node template engine. <http://jade-lang.com/reference/>
- [15] MongoDB. Agility, scalability, performance. <https://www.mongodb.org/>
- [16] Ivan Bjerre Damgård, 2001. A design principle for hash functions.
- [17] Catalani Exequiel, 2007. Arquitectura Modelo/Vista/Controlador.
- [18] AltBeacon. <http://altbeacon.org>

- [19] Pointrlabs.com Blog, 2015. Beacons: Everything you need to know.
- [20] Google Github, 2015. UriBeacon Specification.
- [21] Services, Android developer. <http://developer.android.com/>
- [22] Transmitting network data using Volley. <http://developer.android.com/>
- [23] Barceló Sánchez, A. 2013. Desarrollo de una aplicación para Android de geolocalización y comunicación en interiores mediante Bluetooth.
- [24] Bekkelien, A., Deriaz, M., & Marchand-Maillet, S. 2012. Bluetooth indoor positioning. Master's thesis, University of Geneva.
- [25] Kashevnik, A., & Shchekotov, M. 2012. Comparative Analysis of Indoor Positioning Systems Based on Communications Supported by Smartphones. In Proceedings of FRUCT Conference (pp. 43-48).
- [26] Gwon, Y., Jain, R., & Kawahara, T, 2004 Robust indoor location estimation of stationary and mobile users. In INFOCOM 2004. Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (Vol. 2, pp. 1032-1043). IEEE.
- [27] NI, W., & WANG, Z. X. 2004. An Indoor Location Algorithm Based on the Measurement of the Received Signal Strength [J]. Journal of Fudan University, 1, 014.
- [28] Haas, B., & Echtler, F. 2014. Task Assignment and Visualization on Tabletops and Smartphones. In Proceedings of the Ninth ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (pp. 311-316). ACM.

Apéndice A.

Conference Paper

TASK ASSIGNMENT THROUGH INDOOR LOCATION WITH BLUETOOTH LOW ENERGY DEVICES

ABSTRACT

This work combines smartphones with Bluetooth Low Energy devices with the purpose to guarantee an efficient communication service in indoor installations. The combination of these two tools allows creating an innovative control unit to provide a more efficient and secure communication channel between a company and its employees. This is part of a work in progress, which includes the deployment of the proposed system in an airport in order to optimize ground operations inside the airport.

KEYWORDS

Location-Based Applications and Services, End-User Devices

1. INTRODUCTION

Smartphones have become an essential gadget in our everyday life [1]. This is mainly because these devices offer a variety of powerful utilities and rich functionalities and tools oriented to reduce tasks into simple hand gestures. Their widespread deployment, together with the availability of lots of devices and sensors that are able to communicate with each other, has given birth a new tendency, known with name of Internet of Things (IoT). When Bluetooth Low Energy technology appeared, IoT philosophy started to become a reality because it provides a new efficient form to communicate, due to the decrease of battery consumption in devices and sensors.

Nowadays, smartphones are used for many different applications in the area of personal life, but the business sector has not yet taken the most advantage of them. The most popular applications are for social networking and for searching information [2]. Thus, this work deals with the idea of filling the gap with a novel application that applies the IoT into the business sector.

Indoor location is a practical problem that has been faced for the last few years through the use of different technologies such as Wi-Fi and Radio Frequency IDentification (RFID). Solutions proposed till now have had lower or higher precision depending on the use case. Nowadays, driven by the great success of smartphones and the recent increase of the Bluetooth Low Energy (BLE) technology, a new location system for indoor environments is emerging.

Several algorithms and methods have been recently proposed based on the use of BLE technology, so that it can be foreseen that future practical and effective indoor location systems will be based on it [3]. Most proposals described in the bibliography are focused on the theoretical view [4], which allows defining precision and accuracy of location in real time. However, the present work has a different objective, which is the demonstration of the practical effective use of BLE for indoor location in huge installations, where high precision is not a key aspect, so a wide deployment of BLE devices [5] is not necessary, which reduces the economic inversion on installation and maintenance.

This work is structured as follows. Section 2 describes the proposal, including the communication part, the locating functionality, and the integration of both parts, which produces a new system to ease employee and work management inside complex installations like airports. Section 3 provides a few details about the practical implementation of the proposal including screenshots. Finally, Section 4 closes the paper with some conclusions and open problems.

2. OVERVIEW OF THE PROPOSAL

2.1 Communication

One of the parts of the proposal consists in an effective communication system between company and employees, based on a dual system in order to improve existing methods. Regarding the two parts of the communication, on the one hand, a transmitter, which is originator of message, is located on a central server and accessible through a web platform. On the other hand, a mobile application must be installed at the terminals of the employees. Since the receiver of messages is a mobile application, a notification system has been established through Google Cloud Messaging (GCM) with push notifications. It provides a powerful tool to send the same message to several employees and to manage the retry policy when messages do not reach their destination.

Furthermore, since successful communication between both parts cannot be guaranteed, a second system has been implemented, which works as a synchronization tool. Whenever an instance of the application is created, it is necessary to verify whether the data corresponding to such an employee is updated in the database of the central server. Despite the information is transmitted in lightweight format (JSON); still many new instances can lead to an unnecessary data consumption. Thus, whenever synchronization happens; it is not necessary to send all related data again. However, a token is generated that tells us whether it is necessary to update the local storage or not.

2.2 Location

The other fundamental part of this work is the location of employees in an indoor environment. Being a confined space, other positioning technologies such as GPS are not just as effective, so BLE devices are used. A mobile application is used to support a part of the proposed system, based on BLE technology, what implies that the used devices must support this technology. Also BLE beacons are used for location through the indoor environment so that the application can detect and have a reference point to determine the location of employees inside buildings like airports. Several bibliographic works describe more accurate location schemes based on similar technologies, but this work concedes more importance to resource optimization, such as necessary numbers of beacons or computational complexity of the implemented algorithms. Thus, this work considers that great precision is needless because its objective is to know the region where an employee is and not to control every of his/her steps.

The proposed system is based on the approximation of signal strength. In particular, more than one beacon can be found in every scan moment, so the decision is taken on the server based on the nearest beacons according to the Received Signal Strength Indicator (RSSI). With the proposed system, the company can keep track of its employees inside buildings, and receive information about how staff flows along a working day and a map of activity showing the busiest areas.

2.3 Integration

The goal of this work is to describe a new practical system that can be used to optimize the allocation of resources inside a building such as an airport. The proposed system provides real-time location of all employees and an efficient way to communicate with them, so it is possible to link a necessity to a specific place of the building and consequently to those employees who are nearby. Thus, the efficient allocation of tasks to available resources is the main objective of this work. Besides, in order to assign coherently the tasks, the considered proximity factor takes into consideration several factors, including the association of tasks by category and the occupancy level of each worker. The roles of each involved party is clear. On the one hand, the location system allows finding the most adequate employees for the task. On the other hand, the communication system automatically notifies a current need to the group of workers that is established as ideal for the corresponding task.

The system is based on the analysis of a non-directed graph formed by beacons as nodes and distances between them as weights of connecting edges. Two nodes are adjacent if and only if the distance between them is smaller than the diameter of the beacon issuance. Thus, in the resulting graph, a breadth-first search “weighted” with the rules previously defined can be launched, and the obtained output gives the best employees to execute the task. The system also includes the possibility of manually assigning tasks to employees, for those situations when this is preferred or necessary. This means that the whole location system can be ignored, but even then the included communication system with the workers is effective.

3. IMPLEMENTATION OF THE PROPOSAL

For the implementation, diverse tools have been used in order to contemplate several components. The decision to choose the following tools and technologies has been due to various reasons.

In the server side, the unification of programming languages has been a key point to provide agility when deploying and stability when communicating. Furthermore, since the access to certain properties of the devices is necessary and it is more efficient to do it with native programming, we have chosen to develop the application for the Android operating system, without excluding other systems that can be developed with the same philosophy. Besides, since the server side is responsible for managing the workflow and monitoring of the employees, Javascript has been chosen as the main programming language. For this purpose, the application uses the frameworks of NodeJS, MongoDB and Express, allowing the creation of a server where the backend is written in the same language. It also defines a database scheme to allow centralizing the different installations without any problem regarding dependencies between the different elements that form it, i.e. employees, tasks and BLE devices. This scheme includes other elements such as the model information of all employee activities and information associated with them, or the information on the graph formed by BLE devices, among others. It also uses the API of Google Maps to visualize the movement of workers throughout the building, as can be seen in Figure 1.

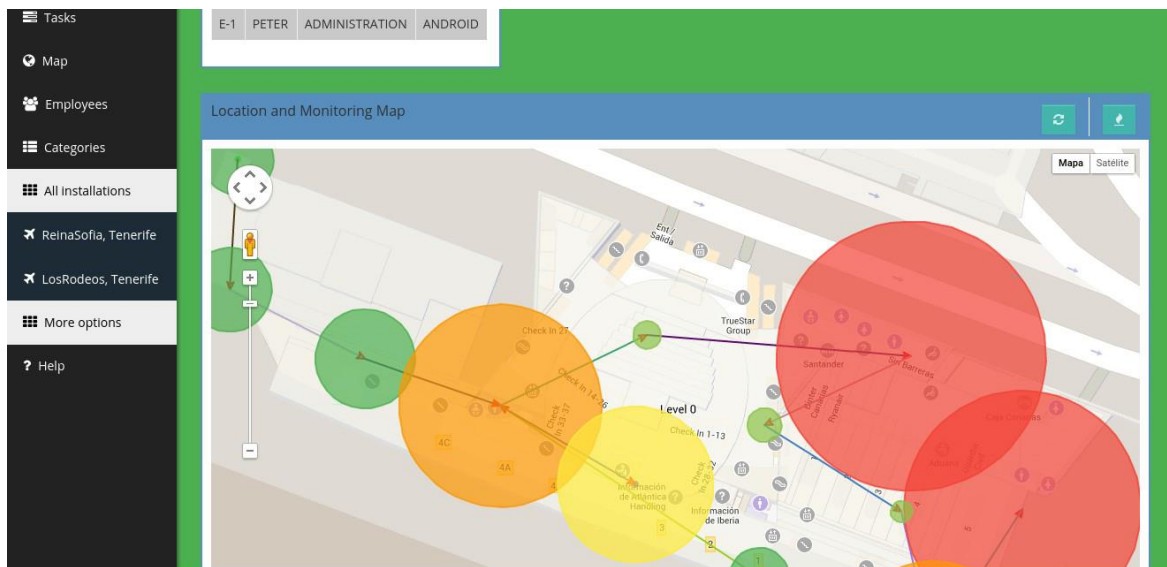


Figure 1. Activity monitoring of an employee

The mobile application, such as it has been appointed, works with native Java and XML programming. First, the application previously requires a simple configuration to link the device to an employee, with a code generated at the time of registering the employee on the platform. In order to avoid that more than one device can be linked to the same employee, in the configuration phase, he/she has to provide the code, which ceases to be valid after its use. At this point, the application will be able to receive push notifications of possible tasks for the worker linked to that device, and personal messages like a chat, what provides flexibility to communication between manager and employees.

With the application, the employee can organize assigned tasks according to five different situations: active (being carried out), pending (allocated but not yet changed to another state), paused (in suspension for certain time, with the possibility of resuming them later), and cancelled or completed (two different ways to put an end to tasks). Besides, the application contains a section with the states of assigned tasks and a main block with options available for each of them, as seen in Figure 2. There is also a section for messaging to see the worker activity history, and two more options, which are to unlink the device and to log out of the application. When the employee is not inside the linked building, the application has not to track beacons, mainly for privacy reasons but also to save the battery and data consumption that the application can cause.

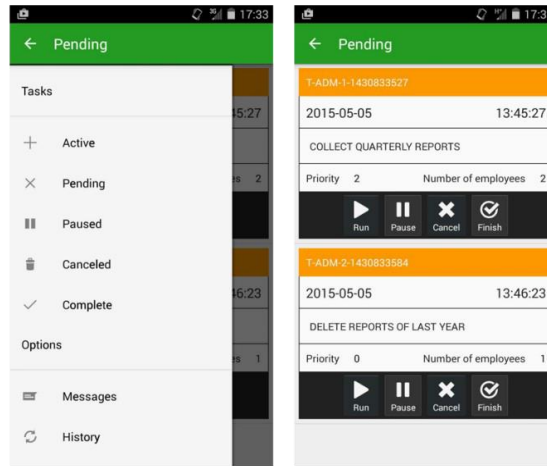


Figure 2. Preview of mobile application: menu and pending tasks

The application is based on a communication system through a secure channel created thanks to the use of authentication and encryption. These tools guarantee that the owner of sent data is who he/she claims to be because all sent packets are signed and encrypted. Since public key cryptography has been used, a certification authority has been implemented in the server with the OpenSSL utility that is able to issue certificates of RSA public keys, so RSA has been used both to sign and to encrypt the packets.

4. CONCLUSIONS

The proposal here presented provides not only a practical platform for secure communication between company and employees, but also a task assignment system that works according to different criteria such as location of employees. This helps to increase efficiency, speed and effectiveness of workers as a group, and also makes it easier and simpler the control of large groups of workers in large installations. The system has been implemented using different tools such as Android, Javascript, NodeJS, MongoDB, Express, Google Maps, Java and XML, and the obtained results are promising.

REFERENCES

1. eMarketer, 2014. *Worldwide Smartphones Usage to Grow*. <http://www.emarketer.com/Article/Worldwide-Smartphone-Usage-Grow-25-2014/1010920>
2. statista, 2015. *Most popular mobile apps in United States*. <http://www.statista.com/statistics/250862/unique-visitors-to-the-most-popular-mobile-apps-in-the-us/>
3. Daan Scheerens, 2012. *Practical indoor Localization using Bluetooth*. Master Thesis. Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science. http://essay.utwente.nl/61496/1/MSc_D_Scheerens.pdf
4. Zhu Jianyong, 2014. *RSSI based Bluetooth Low Energy Indoor Positioning*. International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation.
5. Nicola Cinefra, 2014. *An adaptive indoor positioning system based on Bluetooth Low Energy RSSI*. <http://www.academia.edu/7653732>

Apéndice B.

Funciones

B.1. Función hash

```
function hashCalculate(id_airport,id_person,worker_name,date){
    var id = id_airport + id_person + worker_name;
    var input = id + date.toString();
    var a = primeBetween("0FF","FFF");
    var b = parseInt("1FFF",16);
    var j = 0;
    for(var i = 0; i<input.length; i++){
        a = a ^ input.charCodeAt(i);
        if(j < id.length)
            b = b ^ a ^ id.charCodeAt(j);
        j++;
    }
    return (a.toString(16) + b.toString(16));
}
```

Como se puede apreciar, las variables **a** y **b** son números primos, que intervienen en la operación XOR que se realiza para cada byte de la cadena de entrada. En concreto **a** es un número primo aleatorio entre el rango especificado.

Los parámetros que proporcionan la identificación al resultado, son el **id_airport**, **id_person** y **worker_name**.

Además existe un parámetro, **date**, que permite verificar que el valor del hash cambia cuando se tiene que regenerar el hash.

Como resultado, se obtiene un número hexadecimal de 7 caracteres de longitud.

Apéndice C.

Organización de las clases

Este apéndice muestra la jerarquía de directorios y clases necesarias para que la aplicación móvil funcione. Además de las mencionadas anteriormente en el capítulo 7, se puede observar que existe un gran conjunto de clases que permiten visualizar, gestionar y proporcionar seguridad a la aplicación.

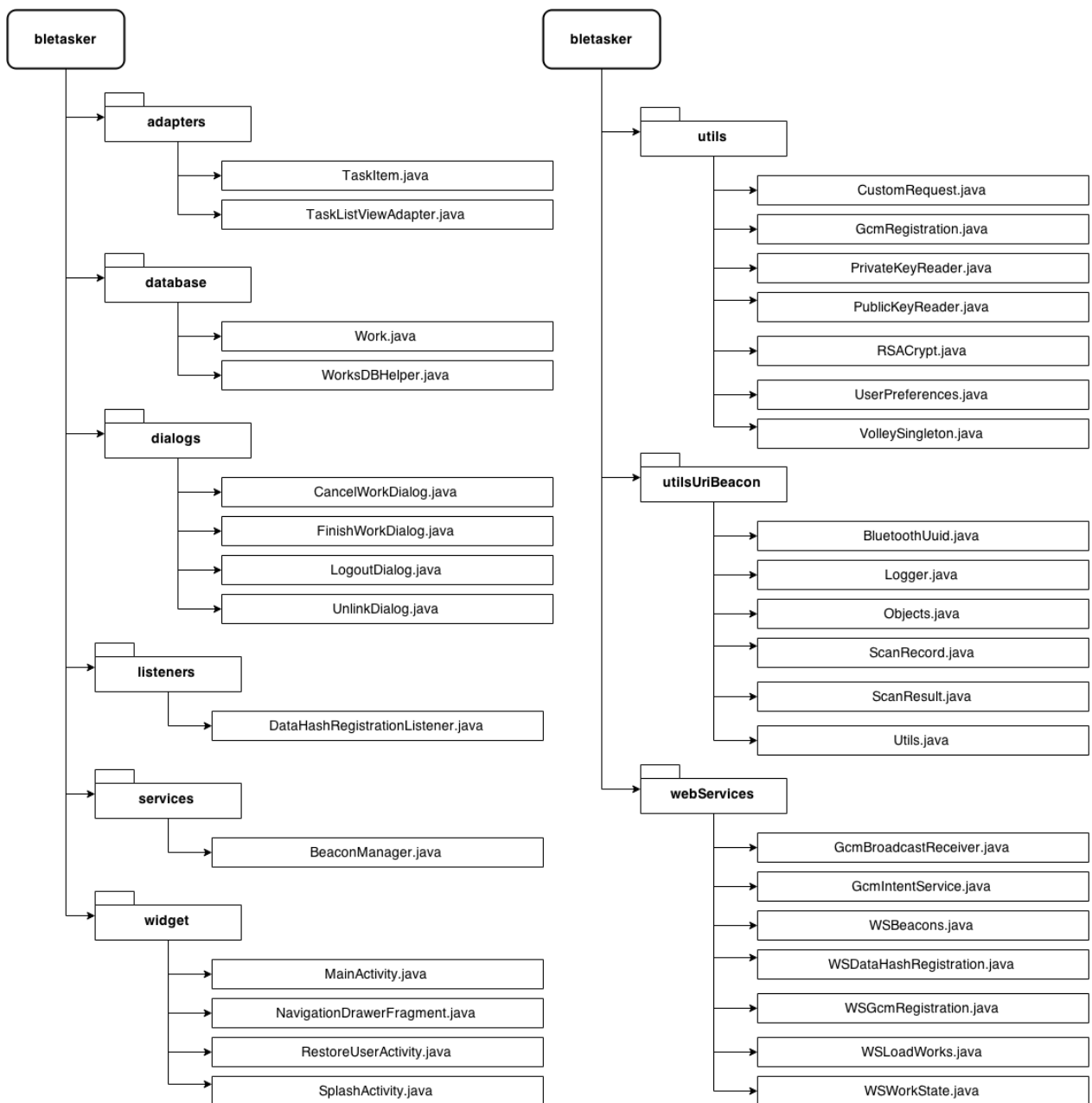


Figura C.1. Estructura de la aplicación móvil