



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“SISTEMA DE NAVEGACIÓN DE INTERIORES CON FAROS
BLUETOOTH”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES

OSCAR HERNAN MONCAYO GARCIA

SERGIO XAVIER MONCAYO PIONCE

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme culminar una etapa maravillosa. A mis padres, Hernán Moncayo Celleri y María García García por todo su esfuerzo, consejos y aliento que han depositado en mí, para poder lograr ser un profesional y una persona de bien.

Agradezco a esta noble institución, por mostrarme que el esfuerzo y el trabajo duro tienen su recompensa. Ya que también me permitió conocer grandes profesores y amigos, que siempre me brindaron motivación para continuar cuando el camino se ponía cada vez más difícil. Se cierra una etapa más de mi vida, gracias a todos los que fueron parte de ella.

Oscar Hernán Moncayo García

Doy gracias a Dios, por darme la fuerza necesaria, para poder cumplir una de mis metas; a mis padres, Sergio Moncayo Neira y Fátima Pionce García, por no reprocharme nada en momentos difíciles que tuve, al contrario, me dieron todo su apoyo.

Agradezco a esta noble institución, que me enseñó a no rendirme y luchar por lo que quiero, sobre todo, si algo no se tiene conocimiento, siempre investigar o buscar una solución ingeniosa hacia un problema.

Sergio Xavier Moncayo Pionce

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis padres, ya que se cumplió uno de sus grandes sueños: Verme convertido en un profesional. A mis hermanas y amigos, por ser siempre esa voz de aliento constante a través de todos estos años de carrera universitaria. A todos ellos, gracias.

Con mucho amor.

Oscar Hernán Moncayo García

Este proyecto se lo dedico a mis padres, que siempre estuvieron apoyándome. A mis abuelitos, que cada vez que iba a visitarlos me decían que estudie y sea un profesional; ya que la vida es dura y el estudio es la mejor arma para salir adelante.

A mis hermanas, que siempre estuvieron ahí vigilando y apoyando a que estudie para seguir adelante y poder ser un profesional.

Sergio Xavier Moncayo Pionce

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

PhD. Federico Domínguez

PROFESOR EVALUADOR

Ing. Lisbeth Mena

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Oscar Moncayo G.

.....
Sergio Moncayo P.

RESUMEN

El progresivo auge de las tecnologías inalámbricas ha permitido que los sistemas de posicionamiento en interiores ganen popularidad de manera acelerada en los últimos años, debido a que permiten la localización y seguimiento de elementos móviles en un entorno; indistintamente de las tecnologías que se usen; como pueden ser: Wifi, RFID, Bluetooth entre otros.

En área comercial, los sistemas de posicionamiento en interiores no son lo suficientemente maduros en comparación con los sistemas de posicionamiento en exteriores. Estos sistemas representan una gran utilidad, debido a que nos permiten conocer la ubicación de una persona en una edificación, incluso hasta el seguimiento de activos, así como la gestión de inventarios en empresas. Esto representa una innovación para las empresas que hacen uso de este tipo de sistemas en sus edificaciones, ya que resultan tanto un atractivo tecnológico como comercial.

Para el desarrollo de este proyecto, se partió de un proyecto base que se encontraba en pleno desarrollo en el Centro de Tecnologías de Información (CTI) de la ESPOL, el cual consistía en el uso de “beacons” y de la plataforma de Google Cloud, para la detección de la ubicación de todos dispositivos móviles dentro de la instalación mediante el uso de una aplicación Android muy sencilla. Es a partir de esto, se plantea el comienzo de este trabajo, la creación de un servicio de navegación; que contiene dos partes, una aplicación móvil destinada a un visitante o miembro del staff del CTI y la implementación de un servicio web de navegación el cual estará desplegado en la plataforma de Google cloud. Todo esto, con el objetivo de permitir al usuario, llegar a su destino dentro de la edificación de manera autónoma; siguiendo un conjunto de instrucciones brindadas por el servicio web

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN.....	vi
CAPÍTULO 1	2
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Sistema de posicionamiento de interiores.....	3
1.2 Objetivos Generales.....	4
CAPÍTULO 2	5
2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	5
2.1. Descripción del proyecto base presente	5
2.2. Alcance del diseño propuesto	9
2.3. Casos de uso del sistema.....	10
2.4. Características de la solución propuesta	12
2.4.1 Obtención de “Mi ubicación”	13
2.4.2 Obtención de la ubicación de la persona/ubicación que se desea visitar	15
2.4.3 Muestra de la ruta entre el usuario y su destino.....	16
2.4.4 Uso de los sensores del dispositivo móvil	17
2.4.5 Implementación de la orientación para la navegación.....	19
CAPÍTULO 3	21
3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	21
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
BIBLIOGRAFIA	25

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En años recientes, los servicios basados en posicionamiento han adquirido una importancia notable, ya que permite la localización y seguimiento de elementos móviles en un entorno; ya sea con las diferentes tecnologías que existe como lo son GPS, Wifi, RFID o Bluetooth, las cuales han surgido como una opción viable para estos sistemas. [1, 2, 3].

Estas tecnologías, se han instaurado en nuestra sociedad gracias al incremento en el uso de los dispositivos móviles inteligentes o Smartphones, lo que ha popularizado el uso cotidiano de los sistemas de posicionamiento global entre las personas [4]. Hoy en día, existe una gran variedad y número de aplicaciones de localización que están dirigidas al posicionamiento en lugares abiertos con el uso del GPS, ya que estas permiten la estimación de una ubicación en un punto determinado del planeta, con una gran precisión. Gracias a esto el posicionamiento en exteriores es exitoso y es usado en el mercado como un plus de un producto o un servicio.

No obstante, es conveniente indicar que el GPS contiene ciertas falencias en precisión en ambientes urbanos y en interiores de edificios. Existen estudios que indican que, para la detección en ambientes ya sean indoor (interiores) o urbanos, se requiere niveles de potencia entre -160 dBW y -200 dBW, cuando generalmente los receptores GPS poseen un nivel de ruido alrededor de -131dBW [5]. Gracias a esto, podemos concluir que GPS es preciso para ambientes abiertos; pero para ambientes interiores o urbanos es errático o muy impreciso, brindando información que no es de uso práctico.

El Bluetooth se presenta como una tecnología adecuada para su aplicación en ambientes interiores [3], ya que es un estándar de tecnología inalámbrica y de coste barato que se usa entre 2 o más dispositivos para entablar una comunicación en distancias cortas [6]. En los últimos años se ha dado un incremento de dispositivos que poseen esta tecnología, como lo son los dispositivos móviles, ya que nos han permitido resolver tareas cotidianas de una manera simple.

Dispositivos móviles, Bluetooth y la nube, nos permiten hablar de la implementación de los sistemas de localización de interiores de una manera sencilla y práctica para la resolución de problemas como localización de una persona, objeto o habitación en una edificación determinada.

1.1 Sistema de posicionamiento de interiores.

Un sistema de navegación en interiores (Indoor Positioning System), consiste en una red que tiene como objetivo localizar de manera inalámbrica, ya sea a objetos o personas dentro de una edificación, además de tener como propósito ofrecer un equivalente a la navegación GPS, pero en ambientes interiores. Un IPS (Indoor Positioning System), está compuesto por dispositivos con una posición conocida; los cuales proporcionan información ya sea de una ubicación específica o información ambiental. A diferencia de la navegación GPS, los IPS son un mercado no lo suficientemente maduro en comparación a la navegación GPS, pero es importante destacar que los sistemas de posicionamiento interiores juegan un rol importante en el internet de las cosas (IoT).

En la actualidad, los sistemas de navegación de interiores o IPS, utilizan tecnología Bluetooth como ayuda, una de las tantas soluciones posibles. Estos “beacons”, presentan como características:

- Bajo consumo de energía.
- Fácilmente adheribles a cualquier lugar, por su pequeño tamaño.
- Transmisión de mensajes, sin necesidad de que exista sincronización entre los participantes de la comunicación.
- Son de gran uso para la localización de una ubicación exacta, dentro de un lugar cerrado.

1.2 Objetivos Generales

Desarrollar una aplicación móvil que permita a los distintos visitantes que acudan a una edificación, poder realizar la búsqueda de una persona en tiempo real o una habitación en específico de manera autónoma, únicamente con el uso de la aplicación en un dispositivo móvil Android, mediante “beacons” y la tecnología Bluetooth.

Emplear los distintos sensores disponibles en los dispositivos móviles Android, como lo son el magnetómetro y el acelerómetro, para procesar la orientación del usuario con respecto al norte geográfico, de esta manera el usuario conocerá hacia donde se está dirigiendo.

Desarrollar un algoritmo de navegación en interiores, que será usada por la aplicación móvil para brindar al usuario, un grupo de instrucciones para que sea capaz de llegar a su destino. Este algoritmo será manejado mediante un servicio web desplegado en la nube, mediante Google Cloud

De manera general, el proyecto es proveer a un usuario la capacidad de conocer una edificación de manera autónoma, con el uso de una aplicación móvil mediante el uso de “beacons” y bluetooth.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se describen los principales aspectos de la implementación de la solución al problema planteado, a su vez la descripción de la infraestructura existente en el Centro de Tecnologías de Información, con el cual se arrancó el desarrollo del proyecto.

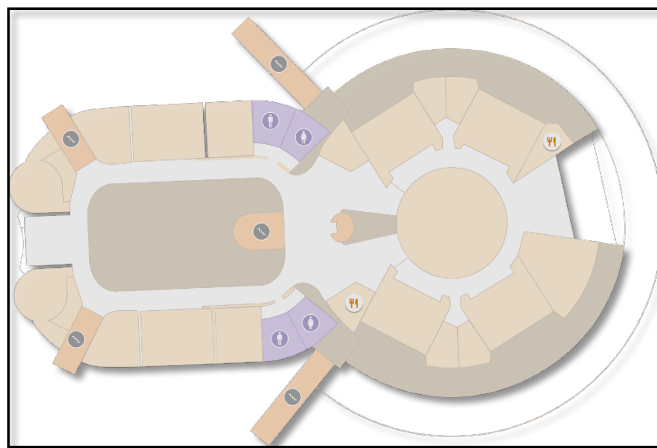


FIGURA 2.1: Mapa del cti, desarrollado mediante svg [7].

2.1. Descripción del proyecto base presente

El Centro de Tecnologías de Información, llevo a cabo, el uso de dispositivos “beacons” para el posicionamiento en interiores de edificios mediante el uso de Google IoT technologies, tales como: Eddystone y la plataforma de Google Cloud, para la ubicación de un usuario mediante un Smartphone.

Para lograr el posicionamiento, se ubicaron 30 “beacons” repartidos a lo largo del 2do piso de este edificio (Figura 2.1,2.2), cubriendo un área cercana de 1000m²

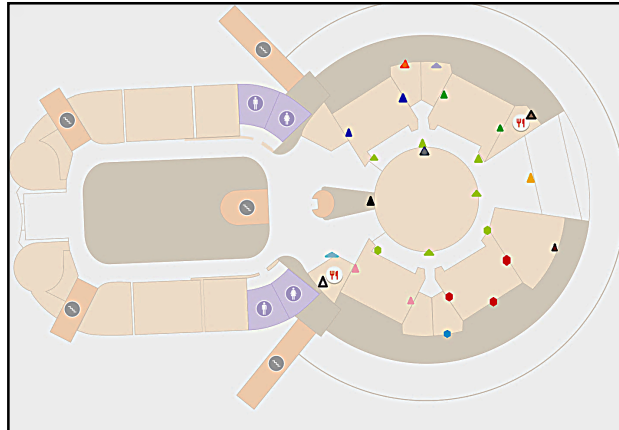


FIGURA 2.2: Ubicación de los “beacons” repartidos en el edificio [7].

Para poder lograr la ubicación dentro del edificio del CTI, se optó por utilizar un servicio llamado "FIND" [8], el cual es un framework open-source que se encarga de realizar fingerprints de diferentes tipos de dispositivos y hace uso de algoritmos de clasificación como lo es Naive-Bayes [9]. Este algoritmo es un método probabilístico para devolver una posición determinada, basándose en el RSSI del dispositivo transmisor, en este caso beacons. Posterior a la selección del servicio descrito, se procedió a realizar el entrenamiento al "FIND" mediante el uso de una aplicación móvil Android que el mismo framework provee (Figura 2.3).

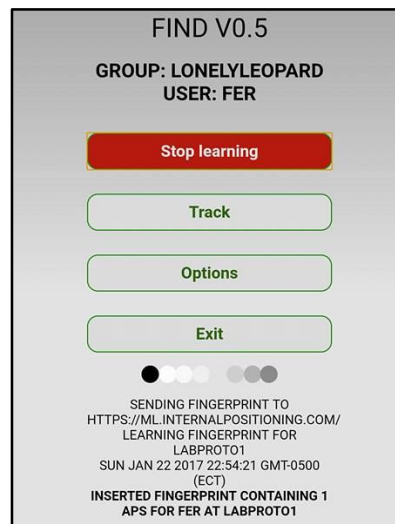


FIGURA 2.3: Aplicación móvil que provee el framework find para el aprendizaje de las habitaciones y pasillos [8].

Este entrenamiento consiste, en ubicarse en un punto del edificio del CTI alrededor de unos segundos y con la ayuda de la aplicación móvil que brinda el mismo framework “FIND”, se indica: nombre del grupo, servidor y usuario; al cual se envía la información resultante del escaneo ambiental, para ser almacenado y utilizarlo como probabilidad previa para el algoritmo bayesiano. Una vez dada esta información, el usuario le indica a la aplicación que aprenda y para ello, deberá brindar el nombre de la habitación en donde está ubicado y así realizar “fingerprints” en el lugar donde se encuentra. Cabe indicar que “Fingerprint”, es un proceso que permitirá mapear un conjunto grande de datos a una cadena de bits mucho más corta [10]. El conjunto grande de datos, será el grupo de información que se obtenga de los “beacons” en el ambiente y para luego obtener una sencilla cadena de bits indicando la ubicación. Este proceso se repetiría para cada uno de los puntos reconocibles ubicados en el mapa como se puede observar en la Figura 2.4. Luego de esta fase de entrenamiento, las habitaciones y pasillos se establecieron de la siguiente manera:

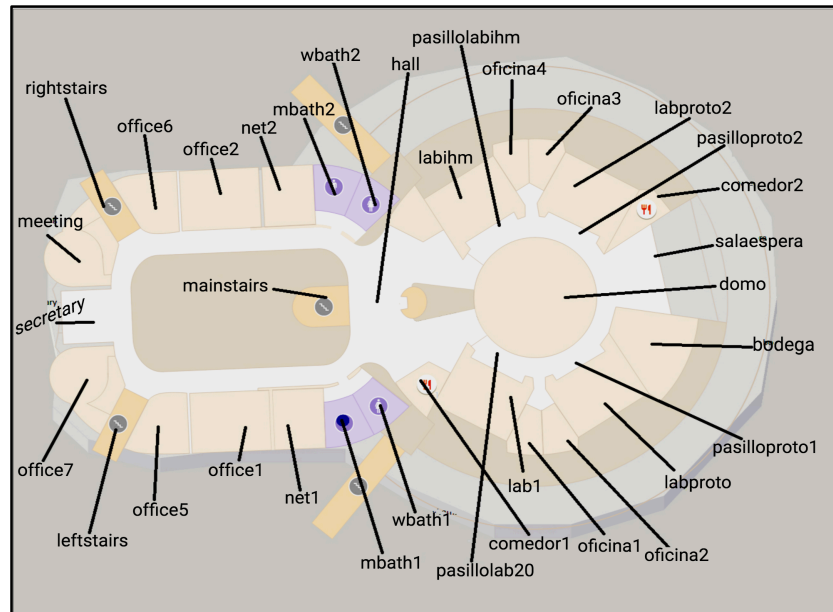


FIGURA 2.4: Nomenclatura de cada una de las habitaciones y pasillos del segundo piso edificio del cti [7].

Adicionalmente, se desarrolló una aplicación web para un usuario final por parte de un miembro del STAFF del CTI, perteneciente al grupo del laboratorio de Prototipado; el cual consiste en ubicar a todas las personas que utilizan la aplicación móvil que provee "FIND". Este usuario final puede considerarse como un administrador, ya que es capaz de ver la ubicación de todas las personas que utilicen el aplicativo móvil, además muestra las gráficas de lecturas de RSSI para futura depuración y mejora en la infraestructura de los beacons. Para realizar el desarrollo de este proyecto, solamente un sector del CTI estaba disponible con beacons como podemos observar la Figura 2.5.

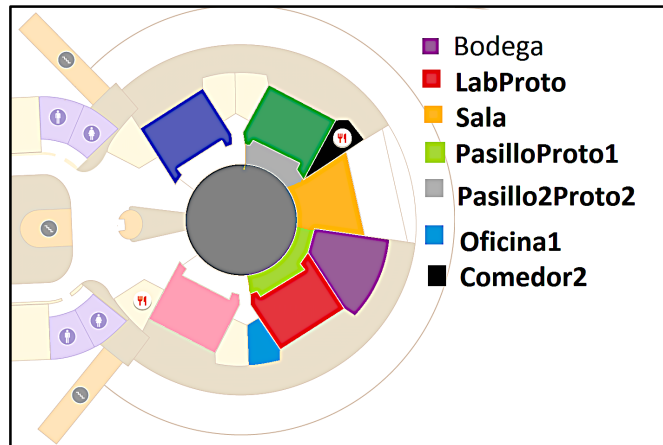


FIGURA 2.5: Habitaciones y pasillos disponibles para este proyecto [7].

Se arrancó el desarrollo, a partir de la siguiente arquitectura (Figura 2.6). Cabe aclarar que el servicio de “**navigationserver**”, es la parte a desarrollarse como parte de este proyecto.

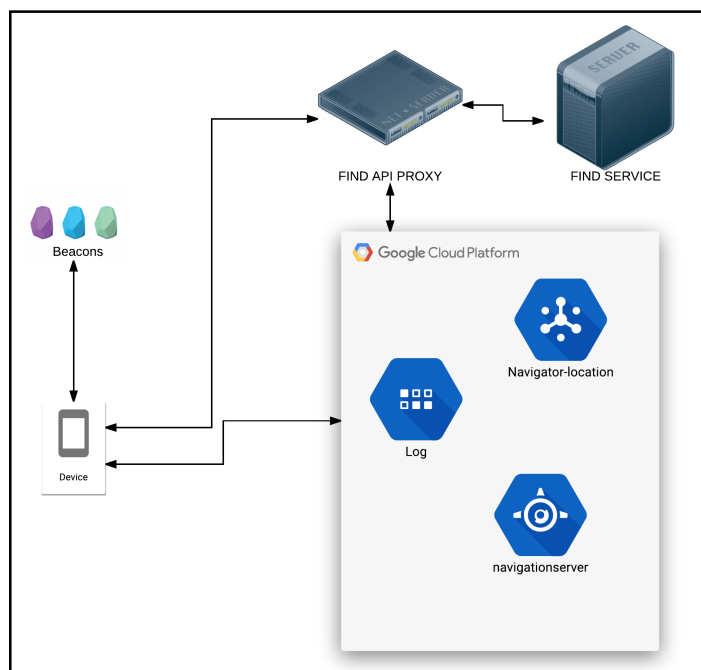


FIGURA 2.6: Arquitectura del servicio general, el servicio de navigationserver es el servicio de navegación que se debe desarrollar.

2.2. Alcance del diseño propuesto

La implementación para este proyecto, es el desarrollo de sistema de navegación, el cual está conformada por dos partes: aplicación móvil Android y un servidor web en Google Cloud, en donde la aplicación móvil consumirá los servicios de este servidor. La aplicación móvil se encuentra destinada hacia el visitante, ya sea ajeno o no al staff del CTI y mediante esta, sea capaz de hacer la búsqueda de una persona o habitación dentro del CTI usando los beacons como medio de posicionamiento. Además, de un módulo de navegación, el cual consta de 2 partes: el uso de sensores como el magnetómetro y el acelerómetro disponibles en el mismo dispositivo móvil para indicar hacia donde está viendo la persona dentro de la edificación, mientras que el servidor web que está desplegado en GoogleCloud; es capaz de brindar al usuario un grupo de instrucciones para que este llegue a su destino.

Para el desarrollo del servidor web se usaron dos herramientas de software, tales como: App Engine de Google Cloud y Web Framework llamado WebWorker; este framework fue implementado en [11]; para la parte de Back-End del servidor

2.3. Casos de uso del sistema

Como se menciona anteriormente, este sistema; tiene diferentes acciones, las cuales se dividen entre la aplicación Android “Indoor Position System” y el servidor web “**navigationserver**”. Para la aplicación se tiene:

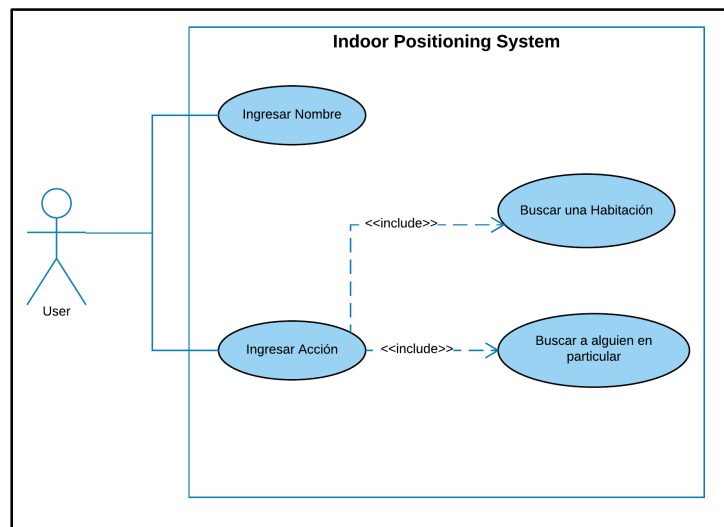


FIGURA 2.7: Caso de uso entre el usuario e “INDOOR POSITIONING SYSTEM”.

Pero para el caso del servidor se debe de tomar muy en cuenta, qué tipo de tecnologías se relacionan, debido a que se encuentra en la nube y como interacciona con la aplicación, como en la Figura 2.8.

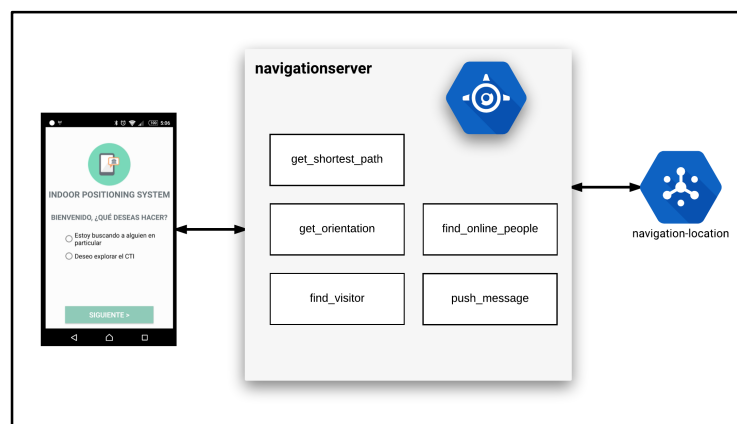


FIGURA 2.8: Arquitectura del servicio de navegación, llamado “NAVIGATIONSERVER”.

Como se detalla en la Figura 2.8, se describe las acciones que el usuario dispone dentro del aplicativo móvil. En donde el flujo de datos se da de tal

manera en que el usuario primero debe indicar que acción desea realizar: buscar a alguien o buscar una localidad dentro del edificio, para posterior a esto se realice su consulta sobre el mapa del CTI.

En la figura 2.9, vemos las acciones que realiza el sistema para cumplir con el objetivo del usuario. Desde escanear el ambiente hasta obtener las instrucciones de navegación para que el usuario alcance su destino. Estas operaciones en su gran mayoría, son peticiones HTTP POST y GET al servicio web desplegado en la nube para la obtención de información, que más adelante es detallado con más claridad.

2.4. Características de la solución propuesta

La solución propuesta para este proyecto, está basada en soluciones que se usan para esta clase de sistemas, como lo son la navegación de interiores. Las características esenciales que deben estar presente en este tipo de sistema es la comunicación en tiempo real, la combinación del uso de dispositivos inteligentes con tecnologías como el Bluetooth e incorporación de la nube.

Existen aspectos importantes del diseño que se propone, y estos son:

- Obtención en tiempo real de información: El usuario final es capaz de saber en dónde está su destino, inclusive sabiendo que es un objetivo móvil.
- Disponibilidad de un servicio a todo momento. Al incluir a la nube como parte de nuestra solución, obtenemos este beneficio que la nube brinda: obtener información de manera instantánea en cualquier momento y cualquier lugar.
- Se obtiene en tiempo real, la ruta más corta en cada momento, es decir, si el usuario se desvía de la ruta, esta siempre es recalculada con respecto al objetivo que desea visitar (habitación o persona).

- Debido que son múltiples peticiones http; se implementa concurrencia dentro del servidor web, para evitar una mala respuesta.

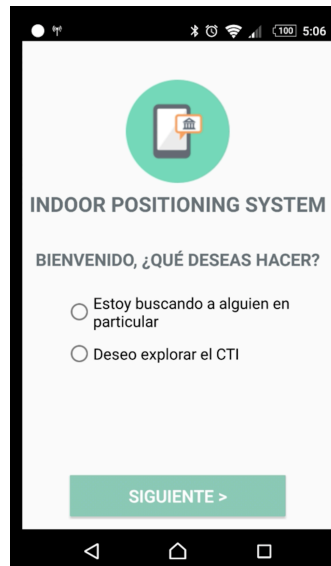


FIGURA 2.9: Aplicación android “INDOOR POSITIONING SYSTEM”.

2.4.1 Obtención de “Mi ubicación”

La aplicación móvil se encarga de escanear el ambiente en busca de los beacons más cercanos en un periodo de 3 segundos. Luego transcurrido estos 3 segundos; la aplicación realiza una comunicación con el FIND API Proxy mediante una petición JSON (Figura 2.10) indicando todos los beacons que encontró en ese periodo de esta manera:

```

POST

{
  "group": "some group",
  "username": "some user",
  "location": "some place",
  "time": 12309123,
  "wifi-fingerprint": [
    {
      "mac": "AA:AA:AA:AA:AA:AA",
      "rssi": -45
    },
    {
      "mac": "BB:BB:BB:BB:BB:BB",
      "rssi": -55
    }
  ]
}

```

FIGURA 2.10: Estructura de json para el request [8].

Una vez el FIND API PROXY recibe esta información, se la envía al servicio "FIND", en donde procesa la lista de beacons que se escaneo en esa ubicación y este mediante la aplicación del algoritmo bayesiano retorna la ubicación con la probabilidad más alta el FIND, le responde al FIND API PROXY con la ubicación que obtuvo a partir del escaneo del ambiente (Figura 2.11).

Response

```

{
  "success": true,
  "message": "Calculated location: zakhome floor 2 office",
  "location": "zakhome floor 2 office",
  "bays": {
    "zakhome floor 1 kitchen": 0.07353831034486494,
    "zakhome floor 2 bedroom": -0.9283974092154644,
    "zakhome floor 2 office": 0.8548590988705993
  }
}

```

FIGURA 2.11: Estructura json del response [8].

Una vez obtenida la posición actual, se realiza una publicación de "mi posición" al Google Cloud mediante el uso de Pub/sub al "Navigator-

location" para poder llevar un control de las personas que están actualmente en el edificio. Posteriormente, se coloca en el mapa del CTI, la posición del usuario que se obtuvo.

2.4.2 Obtención de la ubicación de la persona/ubicación que se desea visitar

Para poder realizar esta acción, al inicio del aplicativo se pide información relevante como se indica en la Figura 2.11.

Una vez obtenida la ubicación del usuario, procedemos a ubicar el objeto destino en el mapa de la siguiente manera:

- Si es una habitación, se tiene información previa con respecto a la ubicación de cada habitación en el CTI y sencillamente ubicamos en el mapa la habitación descrita.
- Si es alguien en particular, debemos indicar a quien buscamos y para esto al usuario se le mostrara un listado de las personas disponible en el CTI.

Como indicamos en la parte final de la sección **2.5.1**, al obtener la posición del usuario del aplicativo, se procede a realizar una publicación para guardar una especie de registro de esa persona y su ubicación.

Y es entonces, que procedemos a buscar a esa persona en ese registro y obtener su última ubicación. Una vez obtenida esta posición, sencillamente es ubicada en el mapa del CTI.

2.4.3 Muestra de la ruta entre el usuario y su destino

Una vez ubicado los 2 puntos en el mapa, se procede a ilustrar la distancia más corta que puede seguir el usuario para llegar a su destino. En el servicio desarrollado, se mantiene una estructura de grafo con nodos y arcos el cual permite modelar un camino entre habitaciones como lo muestra la Figura 2.12.

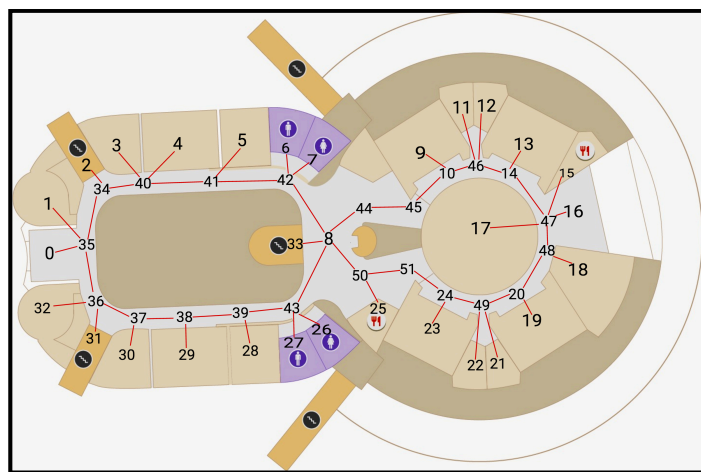


FIGURA 2.12: Cada nodo posee una latitud y longitud. gracias a esto puede ser posible trazar una ruta entre 2 puntos.

Se hace uso del servicio mediante el sub-módulo: "GET_SHORTEST_PATH", que se encuentra en el navigation-service, utilizando como parámetros la ubicación del usuario y su destino. Una vez hecho esto, nos retorna los nodos que debemos recorrer para llegar al destino, asociado la posición. Sencillamente obtenido este camino, procedemos a graficar la ruta como se demuestra en la Figura 2.13.



FIGURA 2.13: Ruta más corta entre 2 posiciones en el edificio.

2.4.4 Uso de los sensores del dispositivo móvil

Una vez obtenido lo descrito anteriormente, debemos calcular la orientación que tenemos en el edificio del CTI, y para esto, los sensores del dispositivo nos proporcionan información valiosa, estos sensores son: magnetómetro y acelerómetro que nos permite conocer hacia donde está viendo un usuario dentro de la edificación.

La combinación de estos 2 sensores, permite emular el comportamiento que utiliza Google Maps, para indicar hacia donde estamos viendo y es importante indicar que estos sensores, indican el ángulo X, Y, Z en el que se encuentra el Smartphone. Estos valores están apuntando hacia el norte magnético mas no al norte geográfico, una vez aclarado esto vamos a la explicación.

Primero debemos calcular el Angulo al norte magnético (llamado azimuth), se calcula en base a los valores obtenidos por los 2 sensores.

Para poder apuntar hacia el norte geográfico se debe obtener la declinación como en la Figura 2.14, que es la diferencia que existe entre el norte geográfico y el norte magnético. Y una vez obtenida esta declinación, le sumamos este valor al azimuth calculado, apuntando al norte geográfico.

La suma del ángulo azimuth con la declinación, permite obtener el ángulo con respecto al norte geográfico. Una vez calculado este valor, sencillamente se refresca el marcador en el mapa que rote ese número de grados calculado.

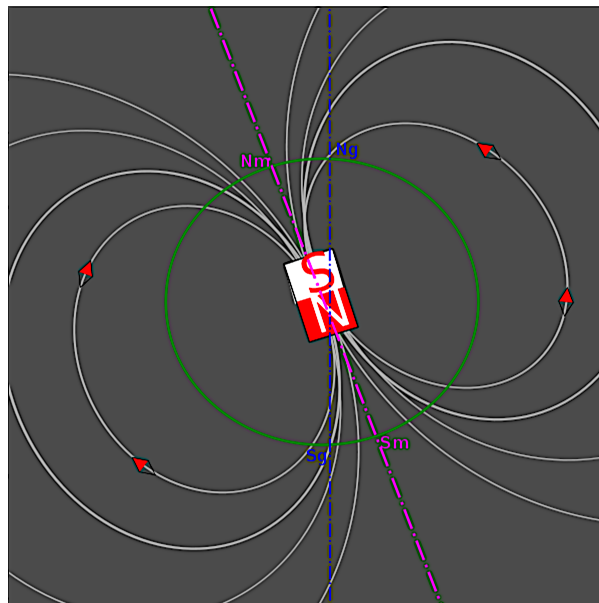


FIGURA 2.14: el ángulo es la variación entre el norte geográfico, el eje de color azul

2.4.5 Implementación de la orientación para la navegación

Una vez explicado de cómo se obtiene el ángulo por medio del aplicativo, se lo denomina como el ángulo actual en grados; sin embargo, no es suficiente para poder dar instrucciones correctamente al usuario; por lo tanto, se manda mediante un request en formato JSON dos puntos, el primer punto es la latitud y longitud del cuarto que se encuentra en ese momento, el segundo punto es la latitud y longitud del punto vecino; este punto vecino se lo obtiene mediante el camino de la ruta más corta. Por medio de estos dos puntos, se aplica el algoritmo “initial_compass_bearing” [12] , para el cálculo del ángulo referencia dado en grados y en función del plano cartesiano a 360 grados; así mismo el ángulo actual se pasa a esa nomenclatura de 360 grados.

Para definir cuándo girar hacia la izquierda, girar hacia la derecha, seguir de frente o dar media vuelta, nos ayudamos por las divisiones del plano cartesiano que tiene cuatro cuadrantes; ejemplo: si el ángulo actual se encuentra en el segundo cuadrante ($90 < \text{ángulo actual} \leq 180$) y el ángulo referencia se encuentra en el primer cuadrante ($0 \leq \text{ángulo referencia} \leq 90$), se da la instrucción que

debe girar hacia en ángulo referencia, es decir, es un giro hacia la derecha; como en la Figura 2.15.

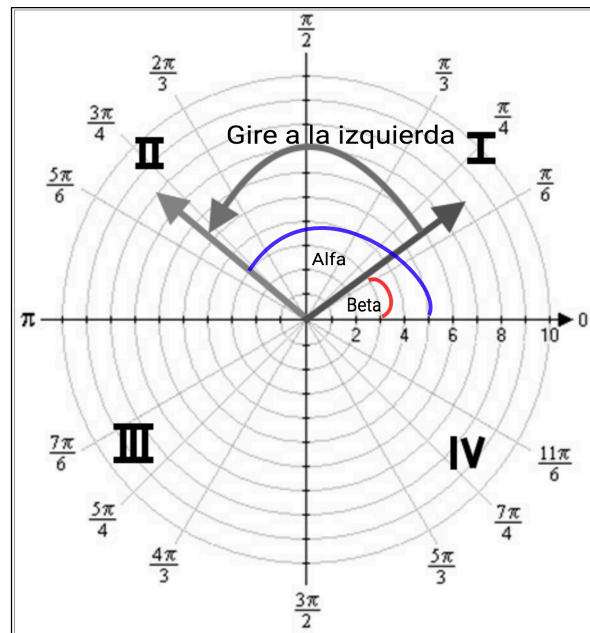


FIGURA 2.15: Se muestra cómo se da la instrucción, en donde "alfa" es el ángulo de referencia y "beta" es el ángulo actual.

CAPÍTULO 3

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las pruebas realizadas, fueron desarrolladas en el CTI y mediante pruebas de usuarios, el aplicativo cumplió su funcionalidad, sin embargo; existieron sugerencias con respecto a los marcadores, para saber quién es quién (Figura 3.1); es decir, quien es el visitante y quien es el visitado; otro problema fue el “salto” que daba al momento de poner el visitante en el mapa, esta parte confunde mucho al usuario, esto debe al algoritmo de “aprendizaje” que se utilizó.

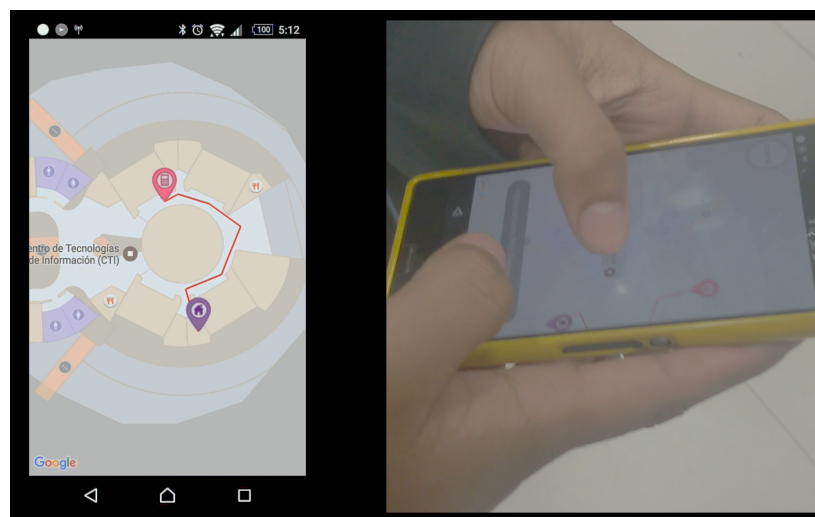


FIGURA 3.1: Prueba de usuario #1, con su respectiva retroalimentación

Al momento de implementar la orientación, usando los sensores del Smartphone como: acelerómetro y magnetómetro; se esperaba que el resultado fueran valores muy cambiantes debido a “ruido” presente en la obtención de los mismos. Para ello, al algoritmo utilizado para conocer la orientación “Bearing the North” [13], se le aplicó un filtro conocido como “promedio móvil”, para evitar la presencia de valores no confiables y gracias a esto, se obtuvo resultados mejores a los esperados (Figura 3.2).

Al momento de integración del servicio de navegación, el cual brindaría las instrucciones al usuario a través del aplicativo; se presentaron inconvenientes. Estas molestias surgieron, debido a ciertas imprecisiones con respecto a la ubicación que obteníamos del "FIND". En ciertos casos, se obtenía una posición que no correspondía, por ende, esto confundía al servicio de navegación, otorgando al usuario indicaciones no precisas del todo, tal como podemos observar en la Figura 3.2

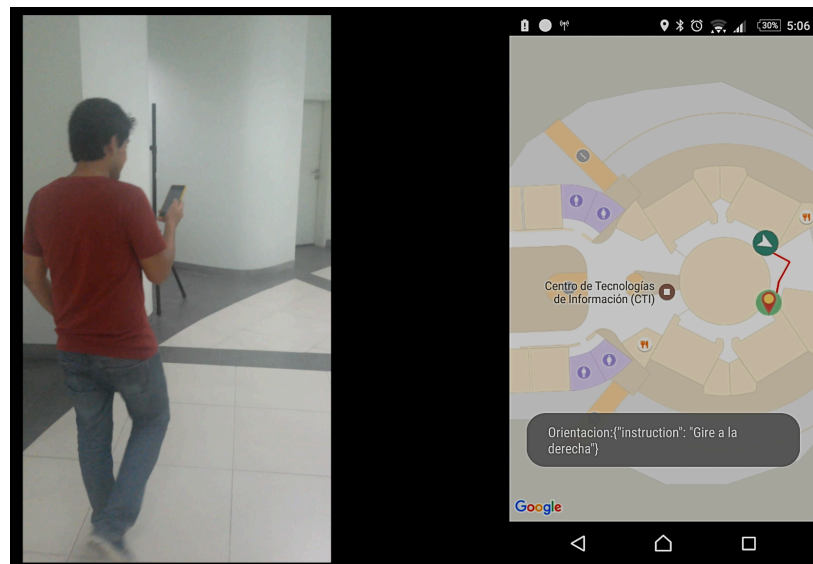


FIGURA 3.2: Prueba de usuario #2, se mejoraron aspectos de funcionalidad y rendimiento. envió de instrucciones de navegación al usuario

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En el presente trabajo se desarrolló y probó de manera satisfactoria el software necesario para cumplir las expectativas iniciales del proyecto. Nos enfocamos en el desarrollo de un aplicativo móvil para este proyecto, en combinación de Bluetooth y Google Cloud, ya que son tecnologías comprobadas y usadas para este tipo de sistemas, además de ser de fácil acceso para su implementación.
2. La comunicación en tiempo real de estos servicios que se implementaron es una de los grandes beneficios de trabajar con servicios que están en la nube. Ya que, para este caso nos permitirá conocer de manera sencilla si cierta persona está en el interior de la edificación sin la necesidad de ir a buscarla de manera física, siempre y cuando esta persona esté usando la aplicación móvil también. Deberán numerar las conclusiones.
3. Los sistemas de localización de interiores, no son lo suficientemente maduros en comparación a los sistemas de exteriores, debido a los altos costos que estas soluciones tienen en el mercado.
4. La constante retroalimentación brindada a lo largo de la materia integradora por parte del profesor encargado y de los usuarios que probaron el aplicativo, permitieron realizar mejoras tanto a la experiencia de usuario como al rendimiento de la aplicación, garantizado un buen producto final. Con la solución presentada para este trabajo, se busca fomentar este tipo de proyectos para la creación de edificios inteligentes. En algunos países europeos, estos sistemas de localización en edificios son utilizados en centros comerciales, museos, bibliotecas permitiendo a las personas que visitan la edificación brindarles una experiencia distinta.
5. Es importante destacar que estos sistemas, no solamente pueden ser utilizados para buscar lugares o personas en el interior de un edificio, también pueden ser usados para la localización de objetos, como equipos de hospitales, maquinaria de bodega, etc. permitiendo así al personal de dicha empresa, trabajar con mayor

precisión al conocer en donde se encuentran los materiales que necesitan para una labor específica.

6. El uso del algoritmo que se utilizó para la localización, el cual está presente en FIND puede ser sujeto a mejoras, mediante el re-entrenamiento para la obtención de la posición de una persona con mayor precisión. Debido a que este en ciertas ocasiones, provee una ubicación que no es correcta y así incidiendo en el conjunto de instrucciones que el usuario recibe para poder llegar a su destino final

Recomendaciones

1. Es verdad que Bluetooth es una tecnología utilizada y comprobada, como solución para los sistemas de navegación de interiores. Sin embargo, podría adoptarse otro tipo de tecnología como el Wifi, Campo Magnético de la tierra, RFID, etc. como un complemento al Bluetooth permitiendo así una mayor precisión en la ubicación de un objeto o persona en estos ambientes interiores.
2. Si se desea implementar estos sistemas, es conveniente conocer la estructura del edificio previamente. Esto permitirá poder colocar los beacons de manera que puedan transmitir sin ningún tipo de obstrucción o con una señal pobre, ya que esto podría afectar al entrenar el algoritmo de posicionamiento que se decida utilizar, afectando así también a la precisión de la localización.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Bekkelien, «Bluetooth Indoor Positioning,» University of Geneva, 2012.
- [2] C. González, M. A. Martínez, F. Villanueva, D. Vallejo y J. C. López, «Sistema para la navegación en interiores mediante técnicas de Realidad Aumentada,» Escuela Superior de Informática. Universidad de Castilla-La Mancha, España.
- [3] F. Silke, K. Kyandoghere, Z. Ana y L. Zighuo, «An indoor Bluetooth-based positioning system: concept, Implementation and experimental evaluation,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.gim-international.com/content/article/indoor-positioning-2?output=pdf>. [Último acceso: 14 Diciembre 2016].
- [4] D. F. Gorgonio y C. Javier, «Evaluación de los Sistemas de orientación en edificios de concurrencia pública para personas mayores y con discapacidad mediante Servicios Basados en Localización,» Universitat de València, España, 2014.
- [5] A. Broder, Some applications of Rabin's fingerprinting method. In Sequences II: Methods in Communications, Security, and Computer Science, Springer-Verlag, 1993.
- [6] J. Monteserin y M. Jose, «Multi Sensor System for Pedestrian Tracking and,» University of South Florida, Florida, 2014.
- [7] S. Ubejd y R. Angel, «Indoor Positioning using Sensor-fusion in Android Devices,» School of Health and Society, Department Computer Science, Sweden, 2011.
- [8] C. Fernando, P. Adriano y V. Washingto, «beacons, Indoor tracking system using bluetooth low energy,» 2017. [En línea]. Available: https://drive.google.com/open?id=1AAm4ni1BI63H_Wz8usC9OqRxBZ_TrFgIGMFJwCB_bXE. [Último acceso: 5 Febrero 2017].

- [9] Kooten y V. Pascal, «FIND,» kootenpv, 21 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://www.internalpositioning.com/>. [Último acceso: 10 Noviembre 2016].
- [10] G. Webb, J. Boughton y Z. Wang, «Not So Naive Bayes: Aggregating One-Dependence Estimators,» Machine Learning, vol. 58, nº 1, pp. 5-24, 2005.
- [11] H. Ölsner, «CODING NETWORKER BLOG,» The Theme Foundry, 24 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://codingnetworker.com/2016/01/deploy-the-network-configuration-generator-using-ansible-and-vagrant/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2016].
- [12] S. Stine, «Geohelper,» GitHub, 15 Junio 2015. [En línea]. Available: <https://github.com/sstine/geohelper>. [Último acceso: 28 Enero 2017].
- [13] N. Kübler, «YMC,» [En línea]. Available: <http://www.ymc.ch/de/blog/smooth-true-north-compass-values/>.
- [14] M. Lemmens, «Indoor Positioning,» GIM International, vol. 1, nº 2, p. 2, 2013.