

# Mejoramiento de la capacidad de respuesta del sistema OGeo

Manuel Gómez<sup>1</sup>, Rafael Vejarano<sup>1</sup>, Héctor Montes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Panamá

manuel.gomez2 @utp.ac.pa, rafael.vejarano@utp.ac.pa, hector.montes1 @utp.ac.pa

**Resumen.** La tecnología móvil celular es particularmente accesible por casi cualquier individuo, no importando su nivel económico. Esta característica prácticamente global, abre un sinfín de oportunidades para todo el que posea un teléfono inteligente. La posibilidad de transformar estos equipos en un lazarillo para una persona con discapacidad visual, le permite alcanzar cierto estado de libertad, movilidad, seguridad e independencia. El desarrollo de aplicaciones capaces de comprender el entorno y describirle a una persona con discapacidad visual el lugar donde se encuentra, contribuye a que pueda movilizarse en entornos cerrados y desconocidos, sin la ayuda de otra persona. Así, en la Universidad Tecnológica de Panamá, se han desarrollado mejoras al trabajo de investigación OGeo, incorporando nuevas funcionalidades que brindan a una persona con discapacidad visual la información necesaria para movilizarse independientemente y de forma segura en el interior de edificios. Estos avances implementados en OGeo siguen rigurosos estándares, proporcionando una aplicación estable y con independencia de conexión a los datos inalámbricos para el beneficio de las personas con discapacidad visual.

**Palabras clave:** Persona con discapacidad visual, iBeacon, algoritmo de Dijkstra.

## 1. Introducción

Según datos estadísticos de la Autoridad de Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP), el 96% de la población panameña posee un teléfono celular. Existen en el país 5,599,005 total de abonados de teléfonos móviles, pero lastimosamente solo se cuenta con una cobertura del 38% del territorio nacional [1]. Según un boletín sobre las estimaciones y proyecciones de población de la Contraloría General de la Republica, se estima que para el año 2020 la población de Panamá será de 4,278,500 habitantes [2], lo que significa que existe un 25% más de teléfonos que ciudadanos en el país. Esta cifra revela que los teléfonos móviles son sin lugar a duda un medio adecuado para desarrollar soluciones que lleguen a la mayoría de la población.

Cifras del censo de población y vivienda del año 2010 señalan que, del total de la población, un 2.9% posee algún tipo de discapacidad, donde prevalecían la deficiencia física, la ceguera y la sordera. De este porcentaje, un 22% son personas con discapacidad visual [2].

A nivel mundial se estima que aproximadamente 1,300 millones de personas tienen alguna forma de deficiencia visual. Con respecto a la visión de lejos, 188.5 millones de

personas tienen una deficiencia visual moderada, 217 millones tienen una deficiencia de moderada a grave, 36 millones son ciegos y 826 millones tienen una visión de cerca deficiente [3].

Los teléfonos inteligentes a fin de asistir a una persona con discapacidad visual se valen de la traducción del texto visual en los Smartphone a un formato accesible basadas en el canal auditivo llamado texto a voz o TTS (*Text-to-Speech*). Esta tecnología no resuelve por sí sola los problemas de accesibilidad a la información, ya que casi en su totalidad, las aplicaciones para móviles están desarrolladas para personas que pueden ver. Esto es debido a que los desarrolladores no tienen un punto de comprensión y entendimiento de cómo las PcDV interactúan con la tecnología.

Teniendo claro cómo una PcDV interactúa con un teléfono inteligente se puede lograr servicios dirigidos específicamente a esta población. Así, en el proyecto MOVIDIS [4] se desarrolló el primer prototipo de software para personas con discapacidad visual, llamado OGeo. Este prototipo permite ayudar en la movilidad a una PcDV al ser guiada por un teléfono móvil hasta la parada de autobuses gracias al uso de dispositivos *Beacons*, distribuidos en una ruta arbitraria y que sirven de puntos de referencia por donde se dirige la PcDV hasta llegar a su destino. La primera versión de OGeo fue desarrollada en 2017 [5], y consistió en la detección de balizas Bluetooth de bajo consumo energético (BLE: *Bluetooth-Low-Energy*), el cual emite señales que permiten que una persona pueda determinar un sitio concreto dentro de una zona de cobertura y que ofrece intercambio de información entre el dispositivo móvil y un servidor en la nube.

## 2. Breve estado del arte

El proyecto *Wayfindr*[6] [6] tiene como objetivo la creación de un sistema para PcDV, el cual cuenta con un sub-sistema de navegación audible que, además, provee información del entorno. Este sistema propone el cumplimiento de ciertas características:

- Proporcionar información de posicionamiento.
- Proporcionar información sobre el entorno.
- Proporcionar información sobre los puntos de interés.
- Proporcionar las indicaciones de navegación (del punto A al punto B).

Por otro lado, la Unión Internacional de Telecomunicaciones ofrece una serie de recomendaciones para el diseño y desarrollo de sistemas de apoyo a la discapacidad visual [7] en el cual se explica que los sistemas de navegación basados en audios deben cumplir con las necesidades de las PcDV, así como de personas con alguna discapacidad por edad y tomando también en cuenta al público en general. El usuario durante la navegación debe recibir información del entorno, puntos de interés, instrucciones de orientación, dirección, inicio de ruta, de dirección progresiva, además de las alertas.

Una aplicación interesante, que no ha sido diseñada para PcDV, pero con algunas características que sí pueden ser utilizadas para estas personas, utiliza el algoritmo de Dijkstra que comunica teléfonos móviles basados en Android con balizas BLE,

permitiendo determinar la ruta más corta entre un punto A hacia un punto B. Esta app utiliza una base de datos SQLite que almacena información del entorno [8].

### 3. Arquitectura del sistema

Las balizas Bluetooth (*beacons*) (ver fig. 1) son dispositivos de comunicación inalámbrica que utilizan el protocolo BLE (*Bluetooth Low Energy*), que consumen poca energía y no requiere una vinculación entre nodos para transferir datos. Son independientes entre sí, envían un Identificador Único Universal (*Universally Unique Identifier*, UUID) y el nivel del indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI, *Received Signal Strength Indicator*), mediante una señal de difusión en un intervalo establecido, para el aviso de su presencia a dispositivos cercanos. No están diseñados para transmitir grandes cantidades de datos, sino para el descubrimiento y la comunicación simple.

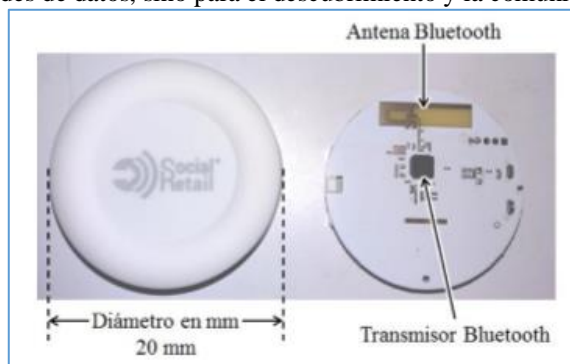


Fig. 1. Balizas Bluetooth utilizadas en el desarrollo de OGeo.

La comunicación de un *Beacon* consta de dos partes principales: publicidad y conexión. La primera es el mecanismo de descubrimiento de una sola vía para el dispositivo. Después de esto se puede establecer una conexión donde es posible leer los servicios que ofrece el dispositivo. Los dispositivos que desean ser descubiertos transmiten paquetes de datos en intervalos de entre 20 ms a 10 segundos.

Los *beacons* transmiten una señal con una potencia fija (*TxPower*), con un funcionamiento similar a un sistema GPS que permiten definir la ubicación y localizar otros dispositivos. Con el uso de técnicas de posicionamiento interno [9] junto con la información de RSSI en los diferentes puntos de la ruta, almacenada anteriormente en base de datos, se comparan estos con los datos obtenidos durante el tiempo de desplazamiento del usuario y así se puede conocer dónde se encuentra posicionado y trazar una ruta hacia donde quiere desplazarse. Esto brinda una guía a las PcDV, no solo para moverse en un espacio, sino para familiarizarse mediante información sobre aquello que lo rodea, con puntos de referencia para reforzar su conocimiento.

OGeo utiliza un modelo cliente/servidor. La PcDV utiliza un teléfono móvil que tiene instalada la aplicación OGeo. La aplicación, mediante un módulo de escucha programado, está constantemente escuchando el ambiente en búsqueda de balizas que estén emitiendo una señal y que se encuentren registrados en su base de datos local. Inicialmente, la información es almacenada en una base de datos MySQL localizada en

un servidor web, y posteriormente descargados al dispositivo móvil y almacenados en un base de datos SQLite, que brinda independencia de conexión a internet. El modelo arquitectónico se observa en la fig. 2. Este es un modelo flexible que permite incorporar múltiples sitios en una única base de datos.

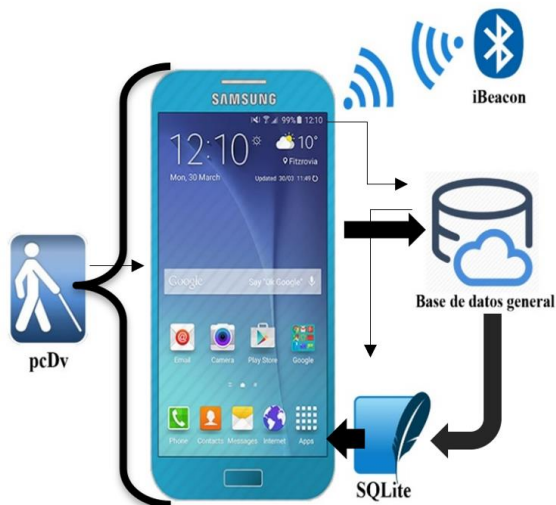


Fig. 2. Modelo arquitectónico de OGeo.

OGeo utiliza un modelo evolutivo, lo que permite desarrollar versiones mejoradas del software. Con este modelo se puede revisar el alcance y los riesgos en cada evolución del prototipo, de tal manera que, se puede regresar a otra versión de no cumplir con lo establecido.

#### 4. Implementación del sistema

La base de datos principal de OGeo se encuentra ubicada en la nube y solo es necesario una conexión a internet la primera vez, solo para realizar la descarga de los datos del sitio. Al completarse este proceso por parte de la PcDV, ya no será necesario contar con una conexión a internet. La información de la base de datos del servidor es extraída a través de una capa de servicio JSON. La ventaja de utilizar capas de servicio es que pueden ser leídas por cualquier lenguaje de programación. Cuando la PcDV selecciona la opción “descargar sitios” del menú principal, el sistema la llevará a la “pantalla de descarga de sitios” donde se cargará una lista con todos los sitios que están en la nube y, mediante texto a voz, le indicará el nombre del sitio, según el elemento de la lista que seleccione dando doble toque sobre este. Para la detección de las balizas, se implementó el uso de la librería “Alt-beacon”. A fin de establecer la proximidad del dispositivo móvil con una baliza, se utiliza una fórmula matemática para el cálculo de confianza, que devuelve una cercanía promedio, tomando la señal *RSSI* emitida por una baliza y el valor de potencia de transmisión esperado (*txPower*) establecido en la

aplicación. En este caso, se ha establecido un *txPower* con un valor esperado de *-89 dBm* y un rango normal de detección entre *-85 dBm* y *-96 dBm*. Cuando la aplicación reciba un *RSSI* igual o menor al *txPower* esperado, esto indica que se encuentra cerca de una baliza y con el cálculo de la confianza, se establece la cercanía promedio, la cual está dada por la ecuación (1).

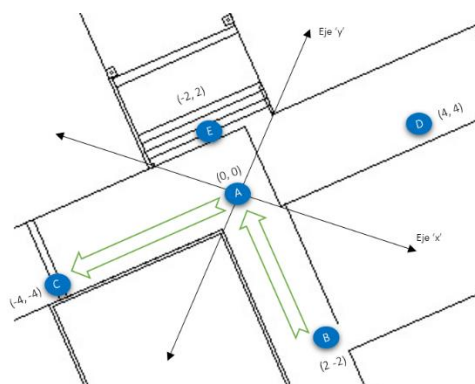
$$radio = \frac{RSSI \times 1.0}{txPower} \tag{1}$$

La ecuación para el cálculo de la distancia es dependiente del valor del radio, obtenido en (1), considerando si este es menor o mayor a la unidad (véase la ec. (2)).

$$distancia = \begin{cases} radio^{10}, & \text{si } radio < 1 \\ 0.89976 \times radio^{7.7095} + 0.111, & \text{si } radio > 1 \end{cases} \tag{2}$$

Para estimar la ruta más corta, se implementa el algoritmo Dijkstra. El resultado del algoritmo es una información mostrada visualmente, es utilizada para controlar y certificar el desplazamiento durante el recorrido. A medida que la PcDV camina en dirección a su destino, deberá pasar cerca de cada uno de los lugares que se describen en esta lista, informando por comandos de voz cada uno de dichos puntos, con una descripción general del entorno y posibles alertas encontradas.

Cuando la PcDV llega a una intersección es necesario indicarle en qué dirección se encuentra el próximo punto en la ruta generada por el algoritmo de Dijkstra. Para determinar esta dirección, se utiliza el modelo matemático del producto cruzado de álgebra vectorial, el cual es un sistema de coordenadas representado en un plano cartesiano. El objetivo principal del producto cruzado es determinar la dirección después de una intersección (izquierda, derecha y en frente), tomando como referencia las coordenadas del próximo punto en la ruta y el punto anterior a la intersección. En la fig. 3 se muestra una intersección y sus tres posibles rutas.



**Fig. 3.** Representación de una intersección (Punto A).

## 5. Pruebas experimentales

Para la detección, las balizas se colocan a una altura de 2.1 m, aproximadamente. El usuario debe hacer el recorrido con el teléfono con altura entre su pecho y abdomen (1.5 m, aproximadamente), sujetando el dispositivo al frente de él. Se contó con 12 personas, con edades comprendidas entre los 18 a 56 años para realizar las pruebas experimentales. Todos utilizaron las mismas rutas de prueba, las cuales se realizaron en el Centro Regional de Coclé de la Universidad Tecnológica de Panamá.

Dado que diez personas no tenían problemas de visión, se les vendió los ojos, se les entregó un bastón y solo se les entregó el teléfono al momento de iniciar la prueba. Estas personas nunca vieron previamente la interfaz de la aplicación. Dos de los colaboradores en las pruebas eran PcDV.

Con la finalidad de validar el funcionamiento del sistema, se realizaron pruebas de desplazamiento en el interior del edificio citado anteriormente, con el objetivo de que una PcDV se desplazara desde un punto A hacia un punto B. El sistema, por medio del algoritmo de Dijkstra eligió la ruta más corta y correcta, y le proporcionó indicaciones secuenciales al usuario durante todo su recorrido hasta alcanzar su destino. La fig. 4 muestra la ruta utilizada en una de las pruebas.

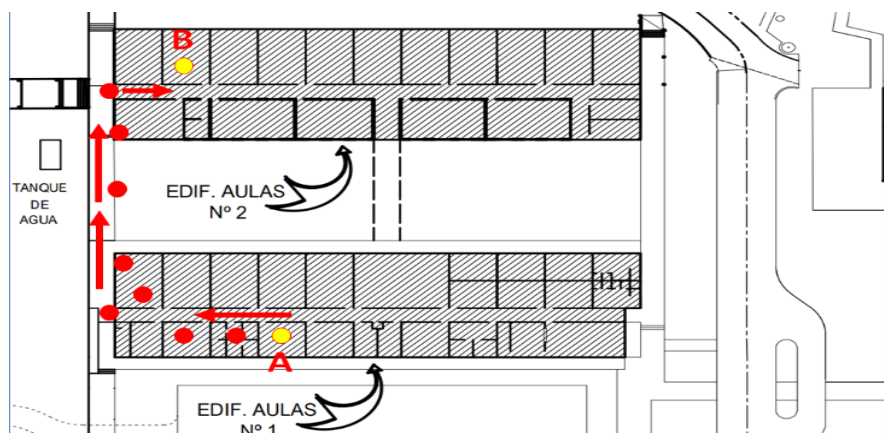


Fig. 4. Ruta de pruebas desde un punto A hasta un punto B.

Los puntos amarillos corresponden al punto de partida y el de destino, los puntos en rojo pertenecen a los puntos de interés por donde la PcDV pasará y recibirá información del entorno, así como alertas de seguridad. La fig. 5 muestra las pantallas de navegación de OGeo al momento del desplazamiento. La fig. 5(a) muestra en primera posición de la lista el punto de partida; la fig. 5(b), uno de los puntos de tránsito; y la pantalla 5(c), muestra en primera posición el destino. La fig. 6 muestra cuando la PcDV llega al destino, cuya pantalla de referencia se presenta en la fig. 5(c).

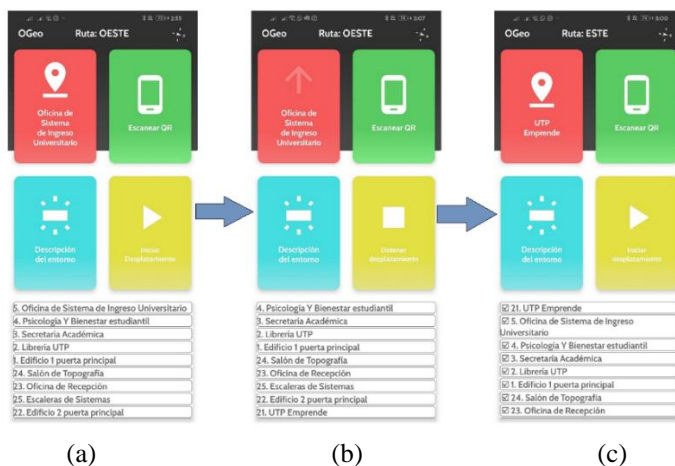


Fig. 5. Pantallas de la ruta generada por OGeo.

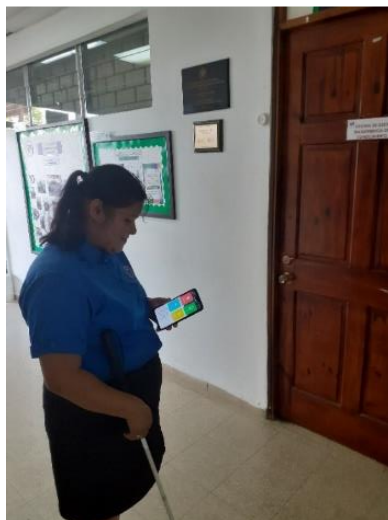


Fig. 6. PcDV en su llegada al destino durante una de las pruebas.

## 6. Conclusiones

La funcionalidad principal de OGeo, con relación a otras aplicaciones que están siendo desarrolladas por otros grupos de investigación en el mundo, es la independencia a recursos almacenados en internet durante el desplazamiento. La PcDV requiere de acceso a internet solo la primera vez, cuando elige descargar en su dispositivo móvil

los datos de navegación del sitio que pretende visitar. Al ser un sistema basado en Android, es más accesible a la población de PcDV en general. Su bajo costo y sencillez le permite una pronta configuración en los sitios. Ha sido diseñado siguiendo las recomendaciones de la ITU-T para aplicaciones dirigidas a las PcDV. El desarrollo de esta aplicación es el producto de un proceso minucioso de investigación, donde se han tomado en consideración las necesidades de las PcDV y se ha dejado abierta la posibilidad de incorporar otros actores con o sin necesidades especiales.

## 7. Agradecimiento

Este ha sido realizado dentro del marco del proyecto MOVIDIS-II financiado por la SENACYT (Programa FID2017) con Contrato por Mérito N.º: 99-2018-4-FID17-031. Héctor Montes agradece al Sistema Nacional de Investigación de Panamá (Resolución 90-2017) por el apoyo a sus miembros.

## 8. Referencias

1. ASEP, A. d. (2019). *Indicadores del servicio móvil celular*. Obtenido de [https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/telecomunicaciones/estadisticas/2020/106-107\\_2020.pdf](https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/telecomunicaciones/estadisticas/2020/106-107_2020.pdf)
2. MEF. (2013). Atlas Social de Panamá. Ministerio de Economía y Finanzas, Panamá. Recuperado de: [https://www.inec.gob.pa/redpan/sid/docs/documentos tematicos/Atlas social de Panama/08 - Situación de las personas con discapacidad en Panamá.pdf](https://www.inec.gob.pa/redpan/sid/docs/documentos%20tematicos/Atlas%20social%20de%20Panama/08%20-%20Situaci%C3%B3n%20de%20las%20personas%20con%20discapacidad%20en%20Panam%C3%A1.pdf)
3. OMS. (11 octubre de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>
4. Montes, H., Chang, I., Carballeda, G., Muñoz, J., García, A., Vejarano, R., Armada, M. (2016). MOVIDIS: first steps toward help the mobility of people with visual disability in Panama. *RoboCity16 Open Conference on Future Trends in Robotics*. pp. 211 - 218.
5. Vejarano, R., Henríquez, A., Montes, H. (2018). Sistema para la interacción activa con autobuses de rutas urbanas de Panamá para personas con discapacidad visual. *Revista I+D Tecnológico (RIDTEC)*, vol. 14, num. 2, pp. 17 - 23.
6. Wayfindr. (2018). *Project Wayfindr*. Recuperado de: <http://www.wayfindr.net/wp-content/uploads/2018/08/Understanding-Audio-Wayfinding-and-Audio-Based-Navigation.pdf>
7. ITU-T. (2018). Audio-based indoor and outdoor network navigation system for persons with vision impairment. *Recommendation ITU-T F.921*. Recuperado de: <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=13185>
8. Satan, A. (2018). Bluetooth-based indoor navigation mobile system. In 19th Intl Carpathian Control Conference (ICCC), Szilvasvarad, pp. 332-337.
9. Čabarkapa, D., Grujić, I., & Pavlović, P. (2015). Comparative Analysis of the Bluetooth Low-Energy Indoor Positioning Systems. *Intl. Conf. Telecomm. Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS)*, pp. 76-79.