

Prototipo de dispositivo de ubicación a través de puntos estratégicos para personas no videntes o con discapacidad visual

Guillermo Arispe^{1,3}, Claudio Aciti^{1,2}, Matías Presso^{1,2,3} y José Marone²

¹ Universidad Nacional de Tres de Febrero, Sede Caseros I.

Valentín Gómez 4828, Caseros (B1678ABJ), Buenos Aires, Argentina

² Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Pinto 399, Tandil (7000), Buenos Aires, Argentina

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

Calle 526 entre 10 y 11, La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina

{guillermo.arispe@gmail.com, caciti@exa.unicen.edu.ar, matiaspresso@gmail.com, marone@exa.unicen.edu.ar}

Abstract. El presente artículo describe el diseño y desarrollo de un sistema destinado a guiar a personas no videntes o con discapacidad visual a través de diferentes entornos en una ciudad. El sistema consiste en una aplicación móvil que orienta al usuario por medio de audios y un conjunto de dispositivos electrónicos geoposicionados en puntos estratégicos de una ciudad. Dichos dispositivos brindan información del entorno a la aplicación de manera inalámbrica aportando accesibilidad y simpleza. Para este trabajo se implementó un prototipo totalmente funcional, donde la aplicación móvil fue desarrollada para Android, mientras que los dispositivos fueron creados sobre la plataforma Arduino.

Keywords: Discapacidad Visual, Ciudades Inteligentes, Ciudades Inclusivas.

1 Introducción

Con el desarrollo económico y el proceso de urbanización generalizado, cada vez es mayor el porcentaje de la población mundial que vive en las ciudades. Cómo están diseñadas estas ciudades impactan en cómo se relacionan sus ciudadanos y cómo se desarrolla la actividad económica y social. Es decir, cómo sea la ciudad en la que vivimos influye en la calidad de vida de sus habitantes. En la actualidad está adquiriendo una notable trascendencia el concepto de ciudades inteligentes, aquellas que usan la tecnología para incrementar la eficiencia y sostenibilidad de sus servicios.

Pero, también es necesario tener en cuenta las ciudades inclusivas y accesibles. El diseño y funcionalidad de la ciudad en la que vive una persona con discapacidad física o intelectual va a facilitar o impedir su inclusión en la sociedad, sus posibilidades de encontrar trabajo y de ser lo más independiente posible. [1][2][3]

Existen tres aspectos fundamentales en una ciudad que impactan en la vida de las personas con discapacidad: [4]

Los aspectos físicos permiten que la persona pueda desplazarse de un lugar a otro en la ciudad. Esto es fundamental para poder ir al trabajo, a estudiar, realizar actividades de ocio, ir al médico, es decir, para poder realizar las actividades cotidianas. Algunos elementos básicos son unas veredas anchas (para sillas de ruedas), lisas, con rampas, sin postes en lugares no habituales; o estaciones de trenes con ascensores o escaleras automáticas; semáforos con indicaciones de voz; carteles con información en braille y con imágenes simples. Estos elementos permiten que las personas con discapacidad se muevan libremente y de forma segura por la ciudad.

Los aspectos económicos tienen en cuenta a las personas con discapacidad en el diseño de oportunidades laborales y en el diseño de espacios y productos de consumo. Como ejemplos se pueden citar puestos de trabajo adaptados; edificios accesibles y con baños adaptados para sillas de ruedas; espacios sin colores estridentes, o insonorizados; centros comerciales con puntos de información y señalización sencilla. Esto permite que las personas con capacidades diferentes, físicas e intelectuales, puedan aportar como trabajadores y consumidores.

Los aspectos sociales son aquellos que permiten que todos los ciudadanos compartan los mismos lugares, facilitando la interacción y la participación en la comunidad. Por ejemplo, parques con hamacas adaptadas; museos con guías formados sobre discapacidad; colegios de integración etc.

Si bien adaptar una ciudad a las personas con discapacidad supone cuantiosas inversiones, los beneficios pueden ser disfrutados por todos los ciudadanos. Las rampas en veredas y acceso a edificios permitirán una movilidad más sencilla a personas mayores y a padres con carritos de bebé, por ejemplo. La señalización sonora o con imágenes sencillas permitirá a niños y ancianos ubicarse fácilmente. Los lugares públicos accesibles y adaptados permitirán una mayor riqueza social a todos los ciudadanos. Medidas sencillas que permiten que todos los habitantes de una ciudad puedan aportar y disfrutar de ella.

Las personas no videntes o con problemas severos de visión tienen grandes problemas de movilidad por la ciudad y disponen de una autonomía reducida, lo que hace que en pocas ocasiones abandonen por voluntad propia entornos que conocen bien. Están limitadas en la realización de tareas y esto afecta su calidad de vida, así como sus posibilidades de interacción con el mundo que los rodea¹.

Desplazarse por un centro urbano puede ser una tarea complicada y a veces hasta abrumadora. La ansiedad, estrés y frustración que genera intentar trasladarse por una ciudad que no está adaptada a sus necesidades genera que miles de personas no videntes a nivel global opten por no salir de sus casas si pueden evitarlo.

Aún así, con el bastón como instrumento básico para orientarse y con un perro guía los más afortunados, las personas no videntes se encuentran con obstáculos que no siempre pueden detectar con facilidad. Ejemplos de estos obstáculos son las obras tanto planificadas como urgentes/accidentales que alteran sus entornos conocidos. [5]

En el año 2014, la OMS (Organización Mundial de la Salud) realizó un estudio [6] el cual muestra que existen alrededor de 285 millones de personas no videntes en el mundo, de las cuales 39 millones son ciegas y 246 millones presentan baja visión.

¹ <https://www.livestrong.com/article/241936-challenges-that-blind-people-face>

Para estas personas, tareas cotidianas como sortear baches inesperados en veredas, realizar una simple compra en un supermercado, ingresar o salir en una estación de subte, tomar un colectivo y bajar del mismo en el lugar correspondiente, cruzar una calle o simplemente caminar hacia su destino se toman difíciles y, en la mayoría de las ocasiones, hasta peligrosas.

Al ritmo que avanza la tecnología, las ciudades inteligentes van a ser cada vez más frecuentes, incorporando tecnología en diferentes ámbitos que las transforman en localidades más eficientes en el uso de sus recursos y mejoran los servicios entregados. En este tipo de ciudades se busca solucionar los principales problemas a los que se ven enfrentados los ciudadanos cada día, mejorando su calidad de vida.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

El principal objetivo del trabajo es suministrar una herramienta que permita guiar mediante información obtenida de geolocalización y dispositivos colocados en puntos estratégicos a la persona no vidente a través de diferentes ambientes, pudiendo ser estos conocidos o desconocidos para la persona que utilice la aplicación. No se busca reemplazar sus herramientas actuales como el bastón o los perros guías, sino complementar las mismas.

2.1 Objetivos específicos

Desarrollar una aplicación simple, lo más elemental posible y con una interfaz que pueda ser utilizada por personas no videntes o con discapacidad visual.

Detectar la ubicación del usuario de manera continua para saber cuando deben buscarse placas alrededor.

Realizar la conexión entre el teléfono con Android y la placa Arduino, cuando ambos dispositivos estén próximos.

Procesar los datos obtenidos para brindar información de ubicación y guía a la persona no vidente o con discapacidad visual.

3 Alcance y Limitaciones

El prototipo fue desarrollado en Android y se usaron placas Arduino en diferentes puntos estratégicos. Los dispositivos móviles necesarios deben contar con Bluetooth, sistema de GPS y poseer una versión del sistema operativo dentro del rango 4.0.3 hasta 7.1.2. Por lo tanto, los usuarios no tienen que contar con un dispositivo específico de gama alta con características que se vean reflejadas en el precio del mismo.

Entre las principales limitaciones que posee el prototipo, se encuentran: la imposibilidad de conectar múltiples dispositivos móviles al mismo tiempo al módulo Bluetooth de la placa Arduino ubicada en un punto estratégico, la baja intensidad de la señal GPS recibida desde satélites y la duración de la batería del dispositivo.

4 Solución Propuesta

La solución propuesta es una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android que ayuda a personas no videntes o con discapacidad visual, brindándoles información de guía y ubicación a través de placas o microcontroladores Arduino que se encuentran ubicados en puntos estratégicos (Fig 1.).

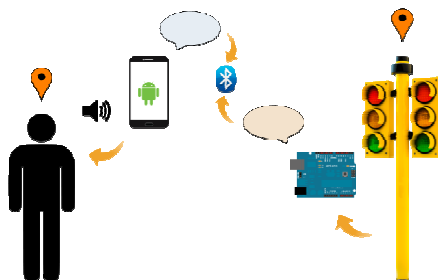


Fig. 1 Diagrama de funcionamiento, tomando como ejemplo de punto estratégico un semáforo

Estos puntos estratégicos pueden ser, por ejemplo:

Semáforos: En un semáforo se puede obtener información del estado actual, del segundero, una georeferenciación del lugar, el ancho de la calle, si es mano y/o contramano, etc.

Señalización de obras: Las obras realizadas por el municipio, que tienen que romper la vereda o la calle, pueden colocar una placa para que le brinde información a la persona no vidente que se acerca. Esta placa es usada en el lugar mientras dure la obra y luego puede ser reutilizada en otra.

Góndolas de supermercados: Puede brindar información de los productos de las góndolas, la ubicación de las cajas, la salida, los baños, etc

Estaciones de subte: Puede brindar información relacionada a la estación del subte: entradas, salidas, para qué estación se dirige, cuánto resta para el próximo subte, etc

Paradas de colectivo: Puede brindar información relacionada a la parada: a qué línea de colectivo pertenece, hacia donde vá, el recorrido, cuánto falta para que llegue.

Antes de establecer la comunicación Bluetooth y comenzar a interactuar con el microcontrolador, la aplicación detecta de manera continua la actividad del usuario, la

cual consiste en saber si el usuario está en movimiento o no. Cuando el usuario no está en movimiento o vuelve a su estado de reposo, la aplicación desactiva el Bluetooth, si estuviese activado, para reducir el consumo de batería del dispositivo. Para el caso contrario, cuando detecta que el usuario comienza a moverse, obtiene la ubicación del individuo. Luego de tomar al menos dos mediciones, compara la distancia recorrida por el usuario y si la diferencia es de al menos 10 metros, habilita el Bluetooth y comienza a buscar una placa cercana a la cual conectarse y solicitarle información. Si no encuentra ninguna, luego de los próximos 10 metros intenta nuevamente. Una vez encontrada alguna de las placas ubicadas en algún punto estratégico, inicia el proceso de conexión. En caso de fallar, reintenta establecer la conexión 3 veces más. Si luego de estos intentos la aplicación no logra conectarse a la placa, notifica al usuario que ha ocurrido un error y que no es posible brindarle información en ese momento. En caso de lograr una conexión exitosa, envía el primer comando para sincronizarse con la placa y espera la confirmación de la misma. Una vez realizado el handshake, la aplicación solicita la información del contexto a la placa y al recibir dicha información -en formato JSON- la interpreta y convierte para comunicarla al usuario.

En cada una de las etapas de la comunicación, la aplicación informa mediante notificaciones de voz al usuario todo lo que ocurre, desde que se intenta establecer una conexión hasta que la misma finaliza. Esto se realiza debido a que puede surgir un error en alguna de las etapas como por ejemplo, el establecimiento de la conexión. Si no se notifica al usuario, este no se entera que ocurrió un error y puede suponer que todavía se está realizando el intento de conexión y se lo deja esperando.

Teniendo en cuenta la discapacidad visual de los usuarios a los que está dirigido este prototipo, todo el proceso antes mencionado es realizado automáticamente en segundo plano sin que el usuario tenga que interactuar con la aplicación.

Además, la aplicación ofrece la posibilidad al usuario de realizar la búsqueda de placas cercanas de manera manual, mediante un movimiento de “Shake”² (Ver Fig. 2). Es decir que si el usuario toma su dispositivo y lo agita de un lado a otro, la aplicación comenzará a buscar placas cercanas a las cuales conectarse.



Fig. 2 Indicación de movimiento de “Shake”.

Otra característica importante que posee la aplicación es que se ejecuta automáticamente cuando el dispositivo es reiniciado, para seguir brindando información al usuario sin que este tenga que iniciarla manualmente.

² Del inglés: batido

4.1 Configuración del Hardware

La conexión entre el microcontrolador o placa Arduino y el módulo Bluetooth HC-05 se realiza de acuerdo al siguiente esquema:

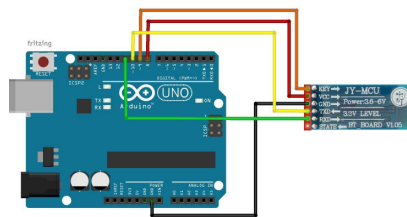


Fig. 3 Esquema de conexión entre la placa y el módulo.

La descripción de las conexiones se pueden observar en la Tabla 1.

Módulo HC-05	Arduino Uno
Tx - Transmisor	Pin 10 Receptor SoftwareSerial
Rx - Receptor	Pin 11 Transmisor SoftwareSerial
GND	GND
VCC	3,3 V

Tabla 1 Descripción de conexiones entre la placa Arduino y el módulo HC-05.

4.2 Software Embebido en microcontrolador

Para la placa Arduino se desarrollaron dos softwares en el lenguaje de programación Processing utilizando el IDE oficial provisto por Arduino. Uno de ellos se encarga de realizar la configuración del módulo Bluetooth. Este primer componente de software se instala, realiza la configuración y luego es reemplazado por el segundo, el cual se encarga de la comunicación Bluetooth, procesar los comandos recibidos desde la aplicación Android y enviar las respuestas correspondientes a la misma.

El programa utiliza la librería SoftwareSerial provista por Arduino y configura el módulo Bluetooth para que trabaje como un puerto serie, es decir, que la transmisión se realiza de manera secuencial, bit a bit. Una vez establecido el puerto serie, realiza el envío de comandos AT al módulo para configurar sus diferentes parámetros. Luego de enviar un comando, espera a que el módulo responda para saber si la configuración que se intenta hacer fue realizada con éxito. Si es así, continúa con el siguiente comando.

El segundo programa de los que se mencionaron anteriormente cuenta con dos métodos principales y obligatorios en todo programa de Arduino. Estos son, setup() y loop(). El primero, es la primer función que se ejecuta y donde se realiza la configuración inicial del módulo Bluetooth (configurándolo como puerto serie de la misma manera que el primer programa). En esta configuración, se establece el

nombre de la red BLINDY_PARTNER, se configura la contraseña de la misma, se establece el rol del módulo como esclavo para que los dispositivos que actúan como maestros se conecten y se cambia la velocidad de modulación a 115200 baudios, ya que es la velocidad necesaria para recibir correctamente los caracteres desde la aplicación Android.

El segundo método, como precisamente su nombre lo indica, es un loop o bucle que se ejecuta un número infinito de veces hasta que el microcontrolador es apagado o reiniciado. En este bucle, se verifica todo el tiempo si hay algo para leer. En el momento que se encuentra un carácter, se ejecuta la función procesarComando (char comando) que se encarga de tomar el comando recibido desde la aplicación, procesarlo y enviar una respuesta de acuerdo al mismo.

4.3 Aplicación Android

La aplicación fue desarrollada en el entorno o IDE Android Studio utilizando principalmente el lenguaje de programación Java y XML para los pocos elementos visuales que posee la aplicación. Sus componentes principales son: Actividad Principal, Servicio Principal y Broadcast Receiver

Actividad Principal: La ActividadPrincipal es la pantalla que se muestra al iniciar la aplicación. La misma no posee ningún componente con el cual el usuario pueda interactuar, ya que se busca manejar todo de manera automática.

Cuando el usuario instala la aplicación e ingresa por primera vez, se le solicita que conceda los permisos para utilizar el GPS y administrar la configuración Bluetooth. Estas acciones son las únicas que requieren intervención por parte del usuario. Luego, la ActividadPrincipal disminuye el brillo de la pantalla al mínimo para consumir menos batería y ejecuta el ServicioPrincipal, el cual comienza su ejecución en segundo plano.

Servicio Principal: Es iniciado desde ActividadPrincipal, y continúa ejecutándose en segundo plano aunque el usuario cierre la aplicación o cambie a otra.

A continuación se describen los componentes y las acciones del ServicioPrincipal, el cual puede considerarse el elemento más importante de la aplicación.

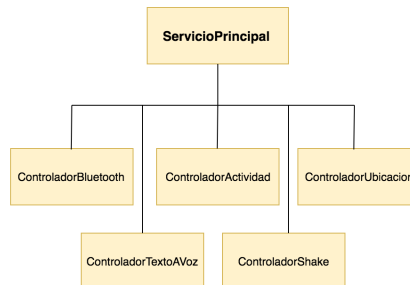


Fig. 4 Diagrama de componentes de ServicioPrincipal.

Cada uno de los controladores que componen el ServicioPrincipal tiene asignada una responsabilidad específica.

El ControladorActividad tiene la responsabilidad de detectar la actividad del usuario que, como se mencionó anteriormente, consiste saber cuando está en movimiento. Para esto utiliza Google Awareness API³ la cual permite acceder a una variedad de señales contextuales como por ejemplo, el uso de batería o memoria, la ubicación actual del dispositivo, las condiciones climáticas a partir de esa ubicación, y entre otras, la actividad del usuario utilizada en este proyecto.

Al detectar que el usuario está en movimiento, el ServicioPrincipal comienza a obtener la ubicación del dispositivo mediante el ControladorUbicacion para luego calcular la distancia recorrida por el usuario. Si esta distancia es de al menos 10 metros, utilizando el ControladorBluetooth enciende el Bluetooth del dispositivo y realiza una búsqueda para encontrar placas Arduino cercanas a las que va a intentar conectarse para obtener información del contexto y notificarsela al usuario.

Las placas a las cuales se conecta la aplicación son aquellas que pertenecen a la red denominada BLINDY_PARTNER. La Fig. 5, describe el proceso de comunicación. Al encontrar una inicia el proceso de conexión y una vez realizado con éxito envía un CMD_INIT (0) para comenzar la comunicación. A este comando la placa Arduino responde con un EACK indicando que está sincronizada y lista para comenzar a transmitir su información. El primer carácter, 'E', es utilizado dentro de la aplicación para diferenciar si la respuesta es un mensaje de estado o de información, para el cual se utiliza el carácter 'I'. Al recibir el ACK, la aplicación envía un segundo comando: CMD_REQUEST_INF (1) para solicitar información sobre el contexto donde está ubicada la placa.

Esta información es enviada en formato JSON a la aplicación que, al recibirla, la parsea y la convierte a voz para transmitirla al usuario a través de los altavoces del dispositivo o los auriculares. Esta conversión es responsabilidad del ControladorTextoAVoz. Con esta información, la persona no vidente o con discapacidad visual puede tener una idea del contexto que lo rodea y tomar una decisión a partir de ello. Una vez transmitida la información al usuario, la aplicación envía un último comando: CDM_FIN (9), el cual indica a la placa que finaliza la

³ <https://developers.google.com/awareness/>

comunicación y como respuesta a esto, la placa responde con un EFIN que la aplicación utiliza para proceder a la desconexión.

Luego de finalizar la comunicación, el Bluetooth es deshabilitado para que el mismo no siga consumiendo energía de la batería del dispositivo y de esta forma hacer un uso eficaz de la misma.

Broadcast Receiver: Este componente se utiliza para la situación en la que el dispositivo es reiniciado, permitiendo a la aplicación ejecutarse por sí sola y seguir brindando información de asistencia al usuario sin que este tenga que hacerlo manualmente.

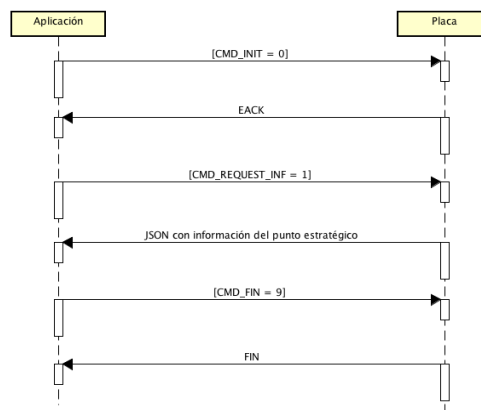


Fig. 5 Diagrama de secuencia - Protocolo de comunicación.

5 Conclusiones

La aplicación móvil fue probada en diferentes dispositivos y funcionó muy bien, sin importar el dispositivo Android que se utilice, siempre y cuando se cumplan los requisitos mínimos mencionados en el apartado de Alcance.

De acuerdo a las pruebas realizadas, se observó que el rango de conexión Bluetooth no representa un problema. La tecnología Bluetooth aplicada en la mayoría de los dispositivos actuales, posee un rango de cobertura que va desde los 60 metros en dispositivos con Bluetooth 4.0 y hasta 240 metros en dispositivos con Bluetooth 5.0. Como se mencionó, cada 10 metros recorridos por la persona la aplicación realiza la búsqueda de alguna placa cercanas a las cual conectarse.

La información almacenada en las placas es totalmente editable, por lo que no es un impedimento cargarla en diferentes idiomas para poder utilizar la herramienta en cualquier ciudad del mundo.

Luego de desarrollar las diferentes etapas del prototipo, se concluye que se ha desarrollado una herramienta capaz de brindar información contextual que permita ubicar y guiar a una persona a medida que se desplaza.

6 Trabajos Futuros

Entre los trabajos futuros se destacan, la opción de controlar la aplicación a través de comandos de voz; Permitir conexiones Bluetooth simultáneas para atender varias peticiones al mismo tiempo; Realizar un mapa de puntos estratégicos que permitirá al usuario conocer cuál es el punto más cercano donde se encuentra colocada una placa Arduino y de esta forma guiarlo hasta el mismo para poder brindarle información del ambiente y orientarlo hacia su destino; Y la funcionalidad “Me perdí”. Mediante solicitudes de voz, el usuario podría indicarle a la aplicación que está perdido y la misma lo guiaría al punto estratégico más cercano para poder orientarlo y que retome el camino hacia su destino. Para esto, es necesario registrar los puntos estratégicos donde el usuario se conectó a una placa Arduino durante todo su trayecto.

7 Agradecimientos

Los autores agradecen a la CIC PBA, donde M. Presso pertenece a la carrera de Profesional de Apoyo a la Investigación.

Referencias

1. Erin Brady, Meredith Ringel Morris, Yu Zhong, Samuel White, Jeffrey P. Bigham (2013). Visual Challenges in the Everyday Lives of Blind People. Investigación de Microsoft. Universidad de Rochester, Estados Unidos.
2. Hersh, Marion y Johnson, Michael (2010). Assistive technology for visually impaired and blind people. s.l. : Springer, 2010
3. Bernardelli Claudio, Alvarez Alejandra (2017). La movilidad y la ciudad inteligente: accesibilidad en la cadena de información y comunicación en el transporte público y su entorno, para la inclusión de las personas con discapacidad y adultos mayores. Universidad de Buenos Aires (UBA, FADU).
4. David Korngold, Martin Lemos y Michael Rohwer de BSR en conjunto con financiación de AT&T. Smart Cities for All: A Vision for an inclusive, Accessible Urban Future
5. Blindness: Challenge and Achievement. World Access For The Blind. <https://waftb.net/blindness-challenge-and-achievement> (<https://waftb.net/>)
6. Organización Mundial de la Salud, Ceguera y Discapacidad Visual: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>
7. Documentación oficial de Activities en Android <https://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html?hl=es-419>
8. Documentación oficial de Services en Android <https://developer.android.com/reference/android/app/Service.html?hl=es-419>
9. Documentación oficial de Broadcast Receivers <https://developer.android.com/reference/android/content/BroadcastReceiver.html>