

Implementación de un dispositivo basado en Bluetooth y RFID para guía y posicionamiento en interiores de personas con incapacidad visual usando una APP en su dispositivo móvil.

Arnaldo Andrés González Gómez¹
Luis Eduardo Pallares M.²
Roberto Ferro Escobar³

Resumen

Este artículo, se realiza con el fin de presentar los resultados obtenidos a la aplicación de una solución viable a un problema de ubicación dentro de recintos cerrados, para personas discapacitadas de forma visual, (parcial o totalmente).

Se presenta el diseño e implementación de una aplicación para dispositivos Android conectada de forma inalámbrica a través de Bluetooth con un bastón (prototipo) el cual permite la transmisión de información capturada por medio de la tecnología de Radio Frecuencia de Identificación RFID y una cinta magnética que se utilizó como guía, dicha información será presentada en forma de voz sintetizada al usuario (invidente); tecnología que está presente en gran parte de los dispositivos móviles, lo que facilita la implementación de diversas aplicaciones que conllevan a optimizar tareas de la vida cotidiana y mejorar su calidad de vida. En este caso se utilizará la tecnología RFID para ubicación de los sitios de interés, y la cinta magnética como guía para desplazarse dentro de un recinto cerrado, para esto se implementó la lectura de los Tags RFID (uso de sensores).

Se utilizó un microcontrolador que procesa la información de los sensores y la envía utilizando la comunicación inalámbrica Bluetooth a un dispositivo móvil con una aplicación Android especialmente diseñada que utiliza las bondades de la programación en lenguaje java (JDK) facilitando la compatibilidad con diferentes sistemas operativos, aprovechando la herramienta del texto al habla para que los usuarios discapacitados puedan entender y comprender el contenido y las instrucciones de la misma.

Index Terms— RFID, Bluetooth, tarjeta de desarrollo, enlace, JDK, SPI.

Introduction

Dentro del ámbito social existen necesidades que deben ser atendidas, ya sea por recursos humanos o por herramientas tecnológicas que han sido desarrolladas a través de los años utilizando las técnicas más avanzadas en pro de una sociedad en igualdad de condiciones.

1 arnaldogonzalez@gmail.com
2 lepallaresn@gmail.com
3 robertoferroes@gmail.com

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS). La discapacidad es cualquier restricción o impedimento de la capacidad de realizar una actividad, en la forma o dentro de los márgenes que se considera normal para la sociedad. Se caracteriza por excesos o insuficiencias en el desempeño de la actividad rutinaria normal, las cuales pueden ser temporales o permanentes. En el mundo hay aproximadamente doscientos ochenta y cinco millones de personas con discapacidad visual, de las cuales treinta y nueve millones son ciegas y doscientos cuarenta y seis millones presentan baja visión [32] y en vista de estos datos es común ver que las personas con este tipo de discapacidad, utilicen ayudas de algún instrumento tecnológico para facilitar las actividades diarias.

Dentro de este proyecto, se contempla una ayuda tecnológica que le permite a una persona con discapacidad visual mejorar su orientación y movilidad dentro de un recinto cerrado, citado lo anterior, se implementó un dispositivo tipo bastón que lee una ruta compuesta por líneas magnéticas predeterminadas, adicional a esto, un lector de RFID que le permite leer etiquetas estratégicamente ubicadas en el entorno lo que le permite a la persona con discapacidad visual identificar su entorno con más seguridad y autonomía, para que pueda disfrutar de bienes y servicios, así como de los objetos, herramientas y dispositivos para ser comprensibles, utilizables y aplicables por todas las personas que lleven consigo dicha discapacidad de forma más natural [31].

Partiendo de la tecnología existente y de las aplicaciones móviles, este tipo de desarrollos contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual, finalmente se logra optimizar las prestaciones de estas tecnologías para que unidas se conviertan en una herramienta verdaderamente útil para este tipo de población.



Figura 1. Desplazamiento por la guía utilizando la cinta magnética (Fuente autores 2016).

Metodología

A. Investigación

El proyecto fue realizado con el fin de proponer una solución viable para un grupo de personas en condición de discapacidad visual (tanto parcial como total) para ello, se investigó la autonomía personal, que es el principal objetivo del desarrollo del prototipo; este tema se filtró de una serie de autores y de grupos de enseñanza que abordan este escenario. De los cuales fueron escogidos un autor y un grupo de enseñanza [1].

Para contextualizar sobre el caso a solucionar; El cuerpo humano está diseñado para interactuar con su entorno, para lo cual extrae información por medio de sus diferentes sentidos (audio, tacto, visión, gusto y olfato) esto le ayuda a tomar decisiones para una mejor respuesta según sus necesidades (desplazarse, comer, actuar etc.). Todos sus sentidos son muy importantes, pero del que mejor y mayor extrae información de su entorno, es el de la visión [2].

El sentido de la visión está asegurado por un órgano receptor, el ojo, este recibe las impresiones luminosas y las transmite al cerebro por las vías ópticas. Los ojos son sensibles a las ondas de radiación electromagnética de longitud específica.

Estas ondas se registran como la sensación de la luz. Cuando la luz penetra en el ojo, pasa a través de la córnea, la pupila y el cristalino y llega por ultimo a la retina donde la energía electromagnética de la luz se convierte en impulsos nerviosos que pueden ser utilizados por el cerebro; los impulsos abandonan el ojo a través del nervio óptico.

El nervio óptico transmite los impulsos eléctricos generados al cerebro donde son procesados por la corteza visual.

Uno de los aprendizajes más importante es la autonomía personal, dado que, con la pérdida de las habilidades para recoger y almacenar información del entorno, conlleva a dificultades para desplazarse y depender de sí mismo. El atraso en el desarrollo cognitivo relacionado con los aspectos espaciales y figurativos también es otro efecto. Para los cuales se desarrollan programas para estimular y adquirir ciertas habilidades como lo son:

- La orientación capacidad de comprensión del ambiente.

- La movilidad o capacidad para desplazarse con independencia.
- Habilidades de la vida diaria, o tareas del cuidado personal cuidado del hogar y de relaciones sociales.

Para lograr los objetivos anteriores es necesario contar primero con ciertas capacidades mínimas de desarrollo como lo son el psicomotor, perceptivo cognitivo y habilidades de comunicación.

El ser humano cuenta con sistema perceptivo como lo es el oído, siendo importante dado que gracias a este se logra el lenguaje y la comunicación. La audición permite a las personas con ceguera o discapacidad visual una cierta anticipación perceptiva, sin que se lleve a cabo un contacto físico con el estímulo, significa esto que con el oído se logra apreciar a larga distancia, como con la vista, la comprensión del entorno y sus características. Así mismo, sirve de defensa ante un posible peligro [2].

En otras palabras, cuando se cuenta con la percepción auditiva, esta suministra información para efectuar las actividades del diario vivir, tales como la orientación para lo cual se utiliza los sonidos como referencia, para los desplazamientos, para la adquisición de conceptos y para la comprensión de las características del medio en el que se encuentra.

Explicado lo anterior, se deben desarrollar el procesamiento de la información auditiva, para personas con ceguera, mediante lo siguiente:

Atención: establece que hay un sonido.

Identificación: reconoce qué sonido está escuchando y cómo lo puede utilizar.

Diferencia: se debe lograr distinguir un sonido de otro e identificarlo.

Localización: identifica de dónde procede un sonido y lo sitúa en su contexto.

Seguimiento: puede establecer la trayectoria de un sonido móvil y se traslada hacia la dirección del sonido.

Detección de impedimentos o ecolocación: comprueba la presencia de un obstáculo por razón del sonido eco, este punto es de gran ayuda utilizar aplausos o pitar para dejar percibir la proximidad de la pared. Establecer la sombra del sonido, estar al tanto a dónde hay un obstáculo al cambiar el ruido ambiental. Como resultado de lo anterior, es beneficioso dar a conocer al alumno todos los

estímulos auditivos y de esta forma promover la relación de la información recibida con el resto de los sentidos, en cualquier contexto, como lo son en el entorno familiar, en la escuela y en otros espacios habituales, para lograr que la percepción auditiva sea una forma de orientación a través de los sonidos [2].

Diseño del prototipo y la interfaz de usuario para la App

Aplicación Android

El objetivo es que una persona invidente pueda desplazarse en el séptimo piso en la facultad de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en un área que corresponde a 1000 metros cuadrados, adecuado a los laboratorios de sistemas, laboratorio de control, laboratorio de electrónica industrial, grupo GITEM grupo LAMIC y baños para hombres con un pasillo en forma de L donde el piso cuenta con 3 abscesos, el ascensor y dos escaleras, una en forma de caracol y la otra en forma de U.

La persona invidente requiere conocer la respectiva ubicación de cada laboratorio y de los diferentes grupos de investigación, por lo cual se tiene que desplazar por el pasillo en forma de L y realizar un recorrido de 50 metros.

Con el fin de lograr lo anterior se diseñó e implemento una aplicación móvil que interactúa con un dispositivo tipo bastón adecuado con diferentes sensores que le permiten seguir un trazado especialmente diseñado para este propósito.

Se plantea que el dispositivo debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Toda la electrónica del prototipo debe estar contenido en un bastón que debe ser liviano y ergonómico para su manipulación.
- Realizar una conexión inalámbrica, por medio de Bluetooth entre la APP y la tarjeta de desarrollo que se encuentra en el bastón.
- Detectar de forma constante la línea magnética guía.
- Suministrar la información a la persona invidente por medio de texto a voz cuando se encuentre con un punto de información.

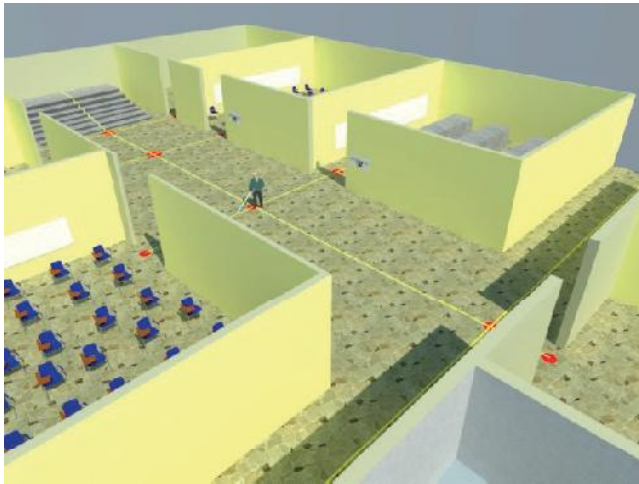


Figura 2. Puntos de información en rojo. (Fuente autores 2016).

Desarrollo del código del APP para Android.

El código fue desarrollado según los requerimientos de diseño del proyecto para las necesidades de información y comunicación entre el usuario (persona invidente) y el bastón, utilizando como intermediario el Smartphone, más específicamente la APP Android.

del Bluetooth en Android, así como los métodos inputStream y outputStream para la recepción y el envío de datos por medio de Bluetooth.

Ya con estas especificaciones de diseño, se procede a realizar un diagrama de flujo de la APP que cumpla con estos requerimientos funcionales (ver figura 4).

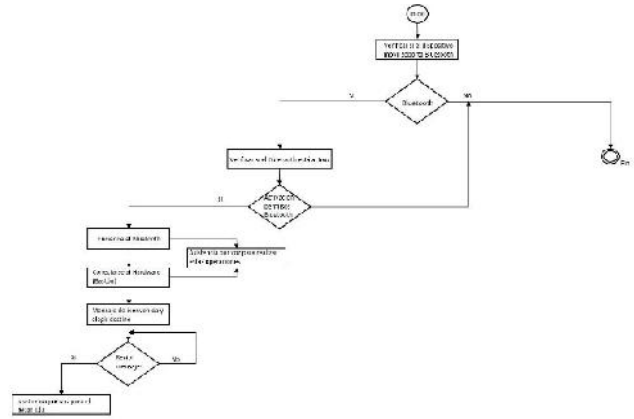


Figura 4. Diagrama de flujo del APP (Fuente autores 2016)

C. Dispositivo (prototipo bastón)

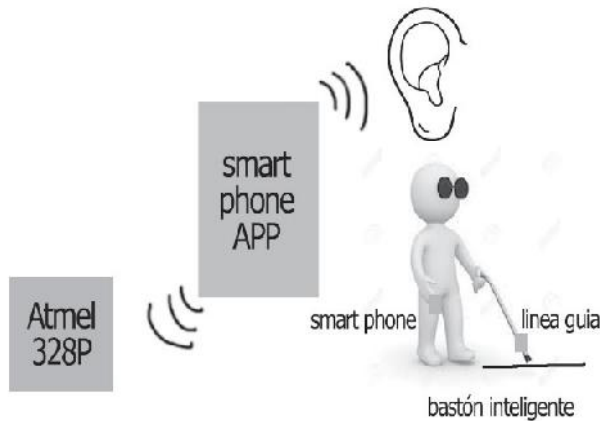


Figura 3. Requerimientos del APP (Fuente autores 2016).

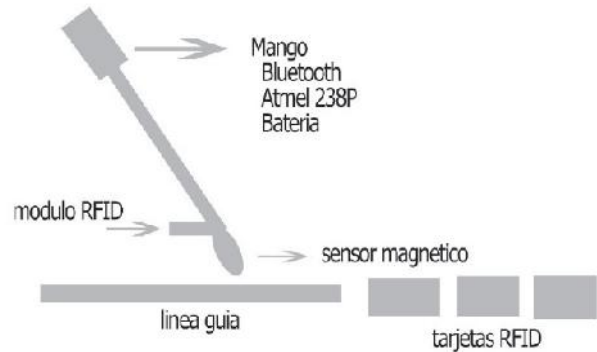


Figura 5. Ubicación del sensor en el bastón (Fuente autores 2016).

La comunicación de la APP con el usuario se hace de dos maneras diferentes, la primera es usando los toques en la pantalla, utilizando el TalkBack de Android, este asistente le anuncia por medio de voz lo que el usuario toca en la pantalla, y la segunda es la reproducción de sonidos con texto al habla, éste último se logra con los datos que el bastón percibe del medio donde se encuentra, para lo cual se apoya de un sintetizador de voz. La comunicación de la aplicación con el ATmega 328P (microcontrolador) se desarrolla por medio del módulo Bluetooth HC-05 la cual cuenta con una comunicación serial, que facilita su montaje y desarrollo, para esto tenemos que llamar los métodos mBluetoothAdapter que se encarga de todas las conexiones y gestiones

Tarjeta de desarrollo

Para cumplir con los requerimientos del sistema se escogió la tarjeta de desarrollo más pequeña y económica del mercado el Arduino nano V3.0 con el microcontrolador integrado ATmega 328P.

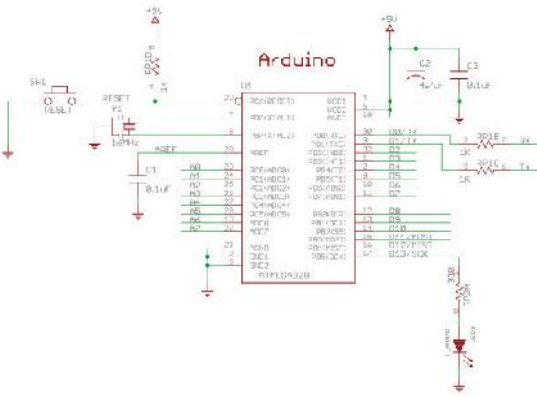


Figura 6. Esquemático del ATmega 328P (Fuente imagen tomada de Datasheet que proporciona el fabricante).

Módulo RFID

Este módulo permite leer la información de las etiquetas RFID y las envía al microcontrolador ATmega 328P, por medio de la comunicación SPI para que después, sea transmitida por medio del Bluetooth al Smartphone. Dicha información está relacionada con la descripción del lugar exacto donde se encuentra ubicado el usuario en ese momento, dentro de la zona de prueba piloto (grupo de investigación GITEM y LAMIC).

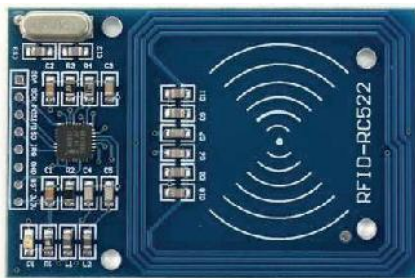


Figura 7. Módulo RFID-RC522 (Fuente imagen tomada de la página del fabricante).

La información que se encuentra alojada en los Tag (etiquetas) viene codificada por medio de números hexadecimales, la cual llamamos ID, el microcontrolador asocia cada ID con un mensaje específico del entorno donde se encuentra y los envía a través de Bluetooth. Las etiquetas están dispuestas en cada punto de interés de información y a los cuales se llegará por medio de la guía magnética.

Modulo Bluetooth

Este módulo permite la comunicación entre la tarjeta de desarrollo que integra el microcontrolador ATmega 328P y el Smartphone.

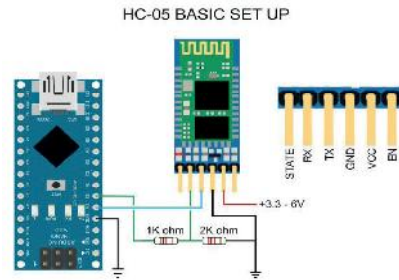


Figura 8. Conexión Modulo Bluetooth (Fuente imagen tomada de internet).

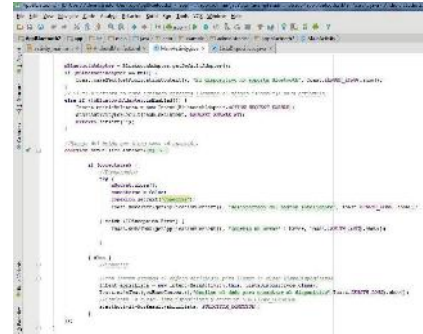


Figura 9. Manejo del Bluetooth en Android Studio utilizando el lenguaje JAVA (Fuente autores 2016).

El módulo de comunicación Bluetooth HC-05, es un componente que requiere para su correcto funcionamiento un voltaje de 3.3V, aunque existen unos que traen un circuito adicional que regula la tensión para poderlo conectar a 5V. Posee dos pines para la comunicación serial, estos pines son el TX y el RX, cuando se trabaja con comunicación serial estos pines van cruzados, es decir, el pin TX del módulo debe ir al pin RX del microcontrolador, de igual manera el pin RX del módulo debe ir al pin TX del microcontrolador. Este componente tiene dos pines de salida donde es posible conectar dos diodos led con el fin de indicar cuando el modulo se encuentra energizado y cuando se ha establecido una comunicación en este caso, cuando el módulo se conecta con el teléfono móvil.

Sensor magnético

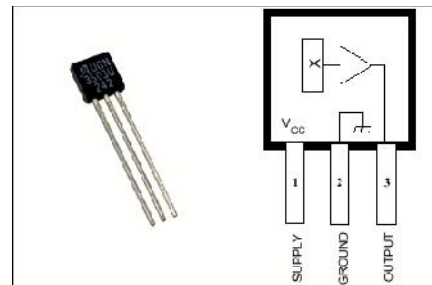


Figura 10. Sensor magnético análogo y digital (Fuente Datasheet del fabricante).

Este componente es un sensor de efecto Hall (UGN-3503) que se encuentra fácilmente en el mercado, posee en su interior un acondicionamiento para obtener una salida lineal, es extremadamente sensible, salida de bajo ruido y rango de operación de 4.5v a 6v y cumple a cabalidad con las especificaciones que necesitamos para tener una lectura adecuada de la línea magnética.

Diseño de la PCB

La PCB se diseñó con el fin de adaptar los diferentes dispositivos (ATmega 328P, batería y módulo Bluetooth) al bastón y minimizar el cableado, por ello su forma de diseño,

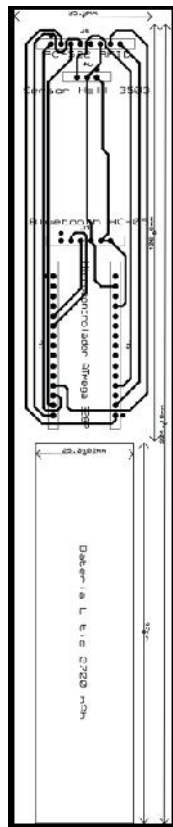


Figura 11. Diseño PCB (Fuente autores 2016) [3]

Diseño del bastón

En los requerimientos de diseño la prioridad era el peso del bastón, lo ergonómico y, sobre todo, cómodo para manipularlo, por lo cual el material y el tamaño de los dispositivos fueron los objetivos de diseño fundamentales, sin dejar atrás el costo económico. Para el diseño de los accesorios del bastón como lo son el mango y el soporte para el sensor magnético y el módulo RFID se utilizó una impresora 3D para fabricar las partes.

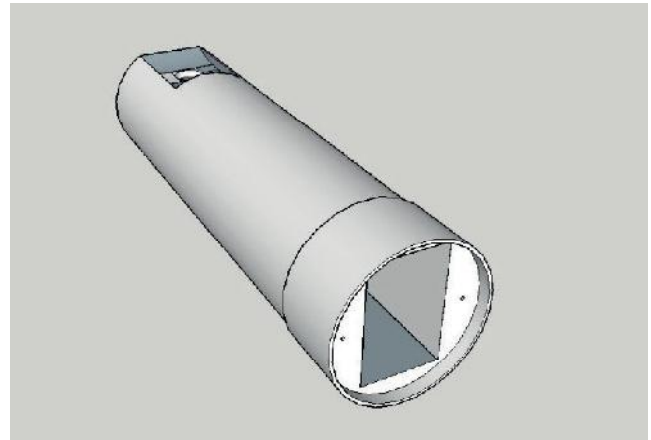


Figura 12. Diseño del mango del bastón (Fuente autores 2016). [4]

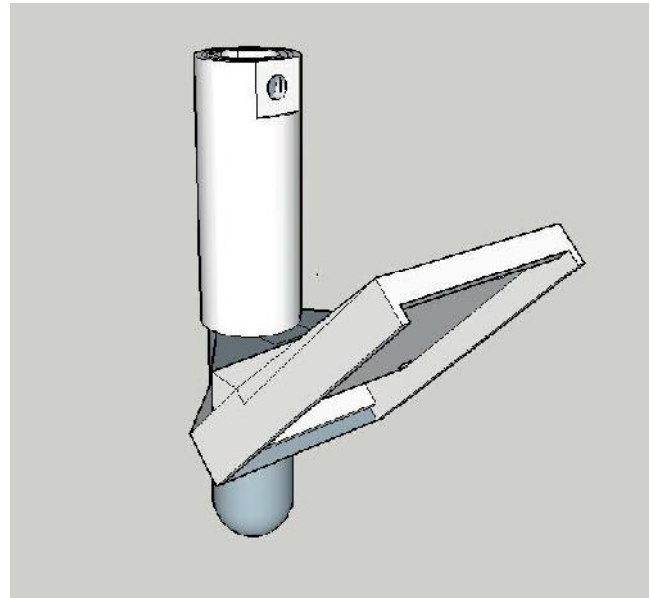


Figura 13. Diseño de la base del sensor magnético y módulo RFID (Fuente autores 2016). [4]

Implementación

La ejecución tanto de la APP como del dispositivo (bastón inteligente) se llevó a cabo con una serie de pruebas técnicas de funcionalidad, en estas pruebas se evaluaron el de cada módulo y la funcionalidad de la APP, a continuación, se muestran los diagramas de bloques para facilitar la evaluación de cada componente electrónico utilizado en el dispositivo, para la prueba de la APP nos remitimos al diagrama de flujo del mismo.

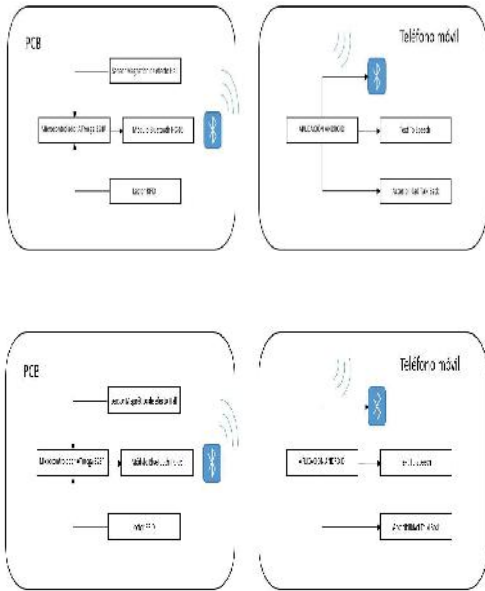


Figura 14. Diseño en bloque implementado (Fuente autores 2016).



Figura 15. Implementación del bastón (Fuente autores 2016).



Figura 16. Entrada al ascensor línea guía magnética (Fuente autores 2016).

Resultados

Con el fin de evaluar el desempeño del prototipo, se realiza una prueba piloto, con una única muestra de estudio, con el fin de documentar su interacción (dispositivo/usuario) y las opiniones que la persona con discapacidad tiene sobre el mencionado elemento.



Figura 17. Fernando Pastor Acuña (discapacitado visual que perdió su visión a causa de una enfermedad en su niñez "Toxoplasmosis") (Fuente autores 2016).

La prueba piloto se llevó a cabo el día miércoles 23 de octubre de 2016 desde las 11:30 am a 1:30 pm, en el séptimo piso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, con un punto de inicio y uno final, la prueba se dividió en capacitación y prueba individual de campo, con el objetivo de que la aplicación (Mi bastón inteligente) informe las opciones de rutas (dos rutas programadas) que puede tomar el usuario, se explica el funcionamiento de la aplicación y las ventajas que tiene al usar la ésta. Se muestra la interfaz de usuario y como seleccionar la opción de su interés.



Figura 18. Capacitación para el uso la aplicación (Fuente autores 2016).



Figura 19. Capacitación del funcionamiento del bastón con la línea guía. (Fuente autores 2016).

Después de la capacitación sobre el uso de la aplicación, se procedió a instruirlo, ahora en el uso del bastón inteligente, haciendo énfasis en el uso de la guía magnética y como debería llevar el bastón (Angulo y posición del mango) para que el lector de tarjetas RFID, quede en posición paralela a la superficie del piso, paso siguiente se muestra la información que el dispositivo transmite a la aplicación cuando detecta el campo magnético de la cinta guía, sumado a este, la información de los Tags RFID.



Figura 20. Prueba de campo de forma autónoma (Fuente autores 2016).

Con la culminación de la capacitación, tanto de la APP como del prototipo. Se dio paso a realizar la prueba de campo donde se tuvo acompañamiento para las primeras 4 pruebas, para las siguientes 9 pruebas el señor Fernando Pastor Acuña las realizó de manera autónoma; se le pide dirigirse desde el ascensor (punto inicial) hasta el grupo de investigación GITEM y LAMIC; un recorrido de 25 metros, que ejecuta una persona vidente a un paso normal, en 24 segundos. Y un segundo objetivo desde el ascensor al grupo de investigación LAMIC, con una distancia de 28 metros con un tiempo de recorrido para una persona vidente de 25 segundos.

PRUEBA	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL	TIEMPO RECORRIDO	OBSERVACIONES
1	ASCENSOR	GITEM	2' 55"	Dificultad en la orientación de la línea
2	ASCENSOR	LAMIC	2' 54"	Las etiquetas no se leen
3	ASCENSOR	GITEM	2' 00"	Se realiza sin problemas
4	ASCENSOR	LAMIC	1' 54"	Se realiza sin problemas
5	ASCENSOR	LAMIC	1' 55"	Se realiza sin problemas
6	ASCENSOR	GITEM	1' 53"	Se realiza sin problemas
7	ASCENSOR	GITEM	2' 00"	Se realiza sin problemas
8	ASCENSOR	GITEM	1' 51"	Se realiza sin problemas
9	ASCENSOR	LAMIC	1' 55"	Se realiza sin problemas
10	ASCENSOR	LAMIC	1' 52"	Se realiza sin problemas
11	ASCENSOR	LAMIC	1' 54"	Se realiza sin problemas
12	ASCENSOR	GITEM	1' 45"	Se realiza sin problemas
13	ASCENSOR	LAMIC	1' 51"	Se realiza sin problemas

Tabla 1. Resultados de la prueba de campo donde se registran los tiempos tomados en cada recorrido (Fuente autores 2016).

El desempeño del sistema es óptimo, el Bluetooth que tiene un alcance alrededor de unos 30 metros sin perder conexión (con línea de vista), por lo cual la APP trabaja sin ningún inconveniente; el sintetizador de voz se escucha fuerte y claro y funciona de acorde a los objetivos y especificaciones de diseño.

La parte del sistema concerniente al sensor de efecto Hall y la cinta magnética funciona de forma aceptable, sumándose a esto, lo programado, no presenta ningún tipo de dificultad en la respuesta a los diferentes mensajes que llegan de manera inalámbrica.

Por el contrario, sí se presenta inconvenientes por parte del módulo RFID, ya que se tiene que pasar por la parte central de la etiqueta para poder leerla y con una velocidad de paso del bastón inteligente bastante suave, se presentó situaciones donde no se obtenía la información, aunque podíamos observar lo siguiente: de cada diez veces, una presentó el problema de no lectura, es decir, hay una baja incertidumbre y una buena respuesta del bastón inteligente.

La prueba de campo fue tanto cómoda como rápida, esa facilidad se dio gracias en gran parte a la experiencia en el manejo del Smartphone que tiene el sujeto de prueba, pues él posee uno y tiene experticia en el manejo del mismo.

En los aciertos obtenidos con la aplicación tenemos:

- La interfaz es cómoda para la ubicación dactilar de los botones (conectar, destino 1, destino 2).
- El sintetizador de voz es claro y fuerte en la reproducción de la información al elegir cada opción (botón).
- El desempeño es favorable y sin ningún inconveniente.

Conclusiones

- Se diseñó un trazado adecuado para que la persona con discapacidad visual transite con seguridad dentro de un recinto cerrado pues la guía se encuentra por el centro del pasillo, y se logró que el batón inteligente siguiera la línea sin ningún inconveniente, además se cumple de manera satisfactoria la comunicación entre la APP y el bastón para transmitir los datos de campo magnético arrojados por la cinta.
 - Con ayuda de Android Studio se diseñó una aplicación que cumplió con los requerimientos establecidos, pues esta se conecta de manera eficiente y sencilla con el bastón inteligente por intermedio de la comunicación inalámbrica Bluetooth, siendo amigable la interfaz de usuario con el invidente, adicionalmente la aplicación cuenta con sintetizador de voz como se había propuesto, esto le facilita a la persona discapacitada entender los datos del entorno enviados desde el bastón con eficiencia.
 - Logramos diseñar y elaborar un batón inteligente que puede detectar el trazado guía (cinta magnética), adicionalmente dispone de un lector RFID para la recepción de información de los puntos de interés (LAMIC, GITEM). El prototipo cuenta con materiales adecuados para garantizar su ergonomía, durabilidad y peso.
 - Se puede apreciar que a medida que el sujeto de prueba se familiariza con el uso del dispositivo, mejora el desempeño de este a la hora de desplazarse haciendo uso del mismo, tal y como se puede apreciar en la tabla 1.
- Es de destacar que durante la capacitación el sujeto de prueba demostró habilidad en el uso del Smartphone lo cual indica que la brecha en el uso de dispositivos móviles por parte de personas en condición de discapacidad visual se reduce contantemente día a día, esto nos permite pensar que para esta población el uso de la tecnología desarrollada para este trabajo es de fácil aprendizaje para ellos.
 - A nivel de mejoras futuras la integración de un módulo ultrasonido para la detección de obstáculos en el camino, algo que brindaría más seguridad y confianza al usuario. También integrar el prototipo con sistemas de guías para exteriores, como lo hay actualmente en el mercado, para una integración en el guiado total y en todo lugar, llegando hasta el punto de guiar al invidente desde su casa a cualquier lugar de la ciudad. Para evitar el uso constante del Talkback, la aplicación debe tener la capacidad de implementar el servicio de comandos de voz, para que el interfaz usuario/dispositivo sea aún más transparente.

Referencias

- [1] O. N. d. C. Españoles, Discapacidad visual y autonomía personal: Enfoque práctico de rehabilitación, Septiembre de 2011 ed., vol. 1, Madrid, España : ONCE , 2011, p. 901.
- [2] S. D. E. D. E. Y. F. PROFESIONAL, «Eduacacion Inclusiva: Dsicapacidad Visual,» Madrid, España , 2014.
- [3] Labcenter, «Proteus Desing Suite 8.0, Software de Diseño para PCB».
- [4] Trimble 2016 Inc., «SketchUp, Software para el modelado de objetos 3D».
- [5] M. A. Peralta y J. V. Urmendiz , Sistema de Asistencia Y Guia Para personas Invidentes, 2014.
- [6] Ó. F. Corredor C, L. F. Pedraza M y C. A. Hernández , Tecnología Bluetooth: Alternativa para redes celulares de voz y datos, 2009.
- [7] I. A. r. r. Bluetooth SIG, “Bluetooth,” Mark Powell, 1998. [Online]. Available: <https://www.bluetooth.com>. [Accessed 28 Septiembre 2016].
- [8] *App Bluetooth-Android Studio 2016 Parte 5*. [Película]. Youtube, 2016.
- [9] *App Bluetooth-Android Studio 2016 Parte 2*. [Película]. Youtube, 2016.
- [10] *App Bluetooth-Android Studio 2016 Parte 1*. [Película]. Youtube.
- [11] *App Bluetooth-Android Studio 2016 Parte 3*. [Película]. Youtube, 2016.
- [12] *App Bluetooth-Android Studio 2016 Parte 4*. [Película]. Youtube, 2016.

- [13] J. E. Amaro , El Gran Libro de Programación Avanzada Con Android, Primera Edición ed., Barcelona, España: Alfaomega Grupo Editor S.A de C.V México, 2012, p. 400.
- [14] R. D. Fernández , Desarrollo de Aplicaciones para Android II, España: Aula Mentor, 2014.
- [15] T. J. Gironés, El Gran Libro De Android, Segunda Edición ed., Barcelona, España: Alfaomega Grupo Editor S.A de C.V México, 2012.
- [16] T. J. Gironés , V. Carbonell, C. Vogt, M. García Pineda, J. Mascarell y D. Ferri, El Gran Libro de Android Avanzado, Primera Edición ed., vol. 1, Barcelona: Marcombo S.A, 2013.
- [17] B. F. Lletí y Director: José Francisco Toledo Alarcón, «Comunicación Bluetooth entre Arduino Uno y Android aplicado a un detector de mentiras,» 2015.
- [18] D. García, «Let's code something up!,» 2013. [En línea]. Available: <https://danielggarcia.wordpress.com/2013/10/21/bluetooth-ii-descubriendo-dispositivos/>. [Último acceso: 10 Septiembre 2016].
- [19] Inc., Google, «Android Studio, Software para crear aplicaciones basado en el lenguaje JAVA».
- [20] J.Aranaz, «Desarrollo de aplicaciones para Dispositivos móviles sobre la plataforma Android de Google,» Madrid, España , 2010.
- [21] M. F. y. O. Vargas, «Mejorar la movilidad del invidente en Bogotá, Volumen 1,» Bogotá, Colombia , 2009.
- [22] M. S. y. C. N. Silva, «Informe de Situacion Actual y estado del Arte, Volumen 1,» 2011.
- [23] C. D. Riascos Hector, «Implementacion de un sistema automatizado de riego mediante uso de aplicaciones Android y energía solar,» Bogotá, 2014.
- [24] Atmel, «ATmega 328P,» 2016.
- [25] L. A. Almonacid, «Estudio de la factibilidad para implementar tecnologías RFID en biblioteca Miraflores,» Valdivia, Chile , 2007.
- [26] K. García, «Sistema de control de acceso vehicular utilizando tecnología RFID,» Florianópolis, Santa Catarina. Brasil , 2013.
- [27] M. A. Pérez, «Sensores de Efecto Hall».
- [28] T. C. Intermec, «Conceptos básicos de RFID: Conocimiento y uso de la identificación por radiofrecuencia,» 2007. [En línea]. Available: www.intermec.com. [Último acceso: 29 Agosto 2016].
- [29] R. N. y. R. Dousty, «Identificación por radiofrecuencia RFID,» Cartagena, Colombia, 2007.
- [30] R. Vera, «Un Modelo Predictivo para la localización de usuarios móviles en escenarios bajo techo,» Santiago de Chile, Chile , 2012.
- [31] SND, «Ministerio de salud y proteccion social,» 2007. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co>.
- [32] CIE, «Ministerio de salud,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co>.