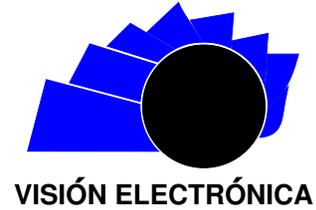




Visión Electrónica

Más que un estado sólido

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/index>



VISIÓN ACTUAL

Sistema de detección de obstáculos para invidentes

Obstacle detection system for blind people

Juan David Alvarado¹, Víctor Hugo Mosquera²

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Enviado: 04/10/2015

Recibido: 14/10/2015

Aceptado: 08/12/2015

Palabras clave:

Detección de obstáculos

Invidente

Procesamiento de datos

Sensor ultrasónico

RESUMEN

La movilidad para las personas invidentes presenta un alto grado de dificultad debido a las condiciones del ambiente, por esto se han desarrollado dispositivos de ayuda con el fin de mejorar su calidad de vida. El presente artículo describe la investigación que condujo al desarrollo de un sistema de detección de obstáculos para invidentes que tiene como objetivo detectar obstáculos por medio de sensores ultrasónicos. Los datos recibidos por los sensores son comunicados al invidente por medio de un módulo de sonido indicándole la presencia del objeto; los sensores van incorporados en un chaleco de fácil uso contribuyendo con la seguridad del usuario al caminar. En el desarrollo se muestra la implementación y funcionamiento del sistema, demostrando que la detección de obstáculos resulta de manera eficaz.



Keywords:

Obstacle detection system

Blind people

Data processing

Ultrasonic sensor

ABSTRACT

Nowadays, mobility for blind people has a high degree of difficulty due to environmental conditions. Therefore, assistive devices have been developed in order to improve their quality of life, obstacle detection system for blind people aims to detect obstacles by the use of ultrasonic sensors. The data received by the sensors are transmitted to the blind person through a sound module indicating the presence of an object, these sensors are incorporated into a vest of an easy use that contributes to the user's safety when walking. The implementation demonstrates that obstacle detection operation of the system works effectively.

¹Ingeniero electrónico, Corporación Universitaria Autónoma de Nariño. Correo electrónico: juanalvarado@unicauca.edu.co

²Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Colombia. Especialista en Informática Industrial, Universidad del Cauca; magíster en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca; docente Universidad del Cauca, Colombia. Correo electrónico: mosquera@unicauca.edu.co

1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud estima que de 285 millones de personas en el mundo con discapacidad visual, 39 millones son ciegas y 246 millones tienen baja visión [1]; por otro lado, el número de personas invidentes en Colombia, según el último censo realizado por el DANE en el año 2005, es de 1.143.992 [2]. La ceguera es una discapacidad que se puede encontrar combinada con inhabilidad del oído y del habla, ya sea que se presente congénitamente o como resultado de un accidente. Esta, por supuesto, no deja de ser una limitación para la vida de la persona que la presenta, especialmente si se menciona la orientación de sí mismo en el medio que lo rodea, también suelen tener inconvenientes para desempeñarse en actividades cotidianas, además de problemas psicológicos como rechazo o baja autoestima que involucran no solo a la persona invidente sino a su familia.

De otro lado, la movilidad humana comprende la orientación y navegación. La orientación puede considerarse como el conocimiento de la relación espacial básica entre objetos con el medio ambiente; la información sobre posición, dirección, ubicación deseada, ruta, planificación de rutas, etc., está ligada al concepto de orientación [3].

En la actualidad se han desarrollado proyectos de ayuda para los invidentes como el denominado *blavigator*, cuyo objetivo principal es el desarrollo de un sistema de navegación móvil, económico y fácil para usar, que ayuda a navegar a las personas con discapacidad visual, provee caminos para dar una ubicación deseada y, al mismo tiempo, facilita información contextual acerca de obstáculos y puntos de interés como el cruce de cebras, construcción de entradas y demás [3]. Existen también sistemas que integran los datos del GIS (Sistema de Información Geográfica) de un edificio con la detección de las señales visuales; la localización basada en la visión GIS se complementa con la navegación, en cualquier momento el sistema traza y valida una ruta desde la posición actual hasta un destino determinado [4].

Por otro lado, en la Universidad del Cauca se desarrolló un sistema de reconocimiento de obstáculos para facilitar la movilidad de invidentes, este tiene dos escenarios definidos: el de control y el de usuario. El sistema de control tiene la función de efectuar el reconocimiento del medio y lanzar una alerta oportuna en el instante requerido, está compuesto por tres módulos: los sensores, el microcontrolador y el sistema de comunicación. Respecto al sistema de usuario, tiene un rol desarrollado por el invidente que maniobra el bastón

y es beneficiario de las ayudas del sistema [5], es la base principal del sistema de detección de obstáculos ya que trabaja con sensores ultrasónicos que avisan al invidente por medio de un auricular la detección de obstáculos.

En consecuencia, y pensando en mejorar la vida de las personas que padecen ceguera, el presente documento describe el desarrollo de un sistema de detección de obstáculos para invidentes con el fin de mejorar su movilidad y ubicación; tiene en cuenta que para el desplazamiento del invidente se requiere detectar obstáculos que representan peligro, por tanto, el sistema se caracteriza por ser portable, cómodo y de menor tamaño que otras alternativas, además de contar con un sistema de recarga que facilita su utilización. Por otro lado, se desarrolló un medio que le informa al invidente sobre la presencia de obstáculos dándole la mejor opción para su movilidad.

Las siguientes secciones presentan los métodos usados en la investigación, luego se encuentra la sección de pruebas y resultados donde se detalla el funcionamiento del dispositivo y su eficiencia; posteriormente, está la sección de conclusiones y trabajos futuros y, para finalizar, se encuentran las referencias bibliográficas utilizadas que pueden servir de base para otros desarrollos.

2. Materiales y métodos

Los invidentes tienen una considerable desventaja en términos de información para la evasión de obstáculos, también para ubicar señales y puntos de referencia [3]; en la actualidad existen dispositivos de ayuda para este tipo de población basados en módulos que contribuyen con herramientas tradicionales como el bastón, siendo este el más utilizado. Sin embargo, estos dispositivos se desarrollan por lo general fuera del país, lo que hace más difícil su acceso; en el caso de Colombia, se han desarrollado pocas investigaciones sobre sistemas tecnológicos de ayuda para invidentes.

Por lo anterior, se desarrolló un sistema de detección de obstáculos para invidentes que cumpla con las características ideales para contribuir con su movilidad, de manera que sea seguro, efectivo y de fácil acceso. El proyecto utiliza sensores de ultrasonido que capturan datos del ambiente para dar al invidente la mejor opción de una trayectoria segura, teniendo en cuenta la ubicación del objeto.

2.1. Arquitectura hardware

El *hardware* está compuesto de seis sensores, un módulo Arduino que procesa y filtra la información

proporcionada por estos y un módulo de sonido que comunica al invidente la presencia de obstáculos; el sistema se alimenta con batería recargable (véase la Figura 1).

Figura 1: Sistema anticolidión

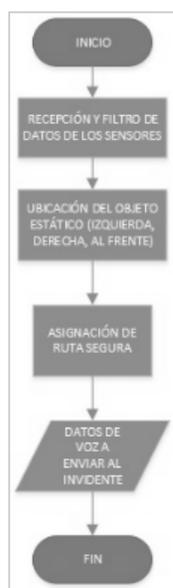


Fuente: elaboración propia.

2.2. Arquitectura del software

La Figura 2 muestra la arquitectura del software que se compone de la recepción y filtrado de los datos del sensor, esto se realiza desde la unidad de procesamiento de datos que determina la ubicación del objeto clasificándolo entre derecha, izquierda o al frente; posteriormente, se realiza la asignación de la ruta segura y se informa al invidente por medio de datos de voz.

Figura 2: Arquitectura del software



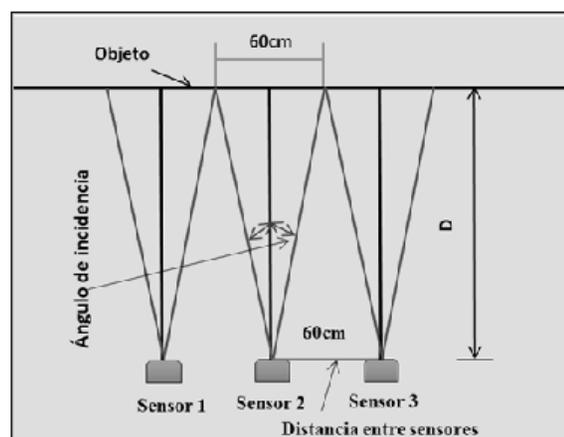
Fuente: elaboración propia.

2.2.1. Análisis del sistema de sensado

Los sensores de ultrasonido utilizados son de referencia LV-MaxSonar-EZ0, que tienen un diámetro de haz cónico igual a 60 cm con relación al ángulo de incidencia de 63°, correspondientes a la medida mínima de detección de 15,24 cm o 6 seis pulgadas.

Teniendo en cuenta los anteriores datos, se realiza la transposición de triángulos y se obtiene la distancia entre sensores igual a 60 cm, tal como se observa en la Figura 3, de esta manera se consigue que el diámetro de haz no interfiera entre ellos.

Figura 3: Ángulo de incidencia sensores.



Fuente: elaboración propia.

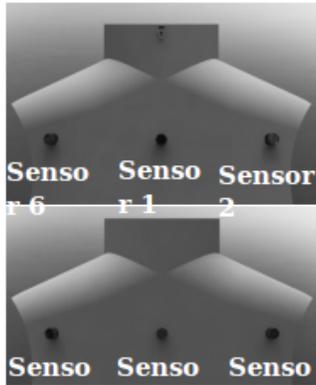
Siendo D la distancia del sensor al objeto y 60 cm el diámetro cónico del haz del sensor ultrasónico.

Para conectar los sensores se realiza una conexión en forma de encadenamiento evitando la interferencia entre los mismos, a esta interferencia se la llama diafonía o *crossstalk*. El encadenamiento funciona de la siguiente manera: el primer sensor o transmisor envía la onda ultrasónica, cuando esta retorna la onda al sensor, toma los datos y activa el segundo sensor o receptor; una vez que el último sensor ha tomado los datos el arreglo de sensores se detiene hasta que el primer sensor se active de nuevo. Por lo tanto, las frecuencias llegan correctamente a cada sensor y no afectan las mediciones tomadas; gracias a lo anterior se pueden acercar los sensores a una distancia menor a 60 cm permitiendo un funcionamiento adecuado a las necesidades del proyecto.

Los sensores se ubican en el chaleco buscando la adaptación para las condiciones del invidente, se sitúan a una distancia proporcional al perímetro del mismo; igualmente, se realizaron perforaciones para luego ser

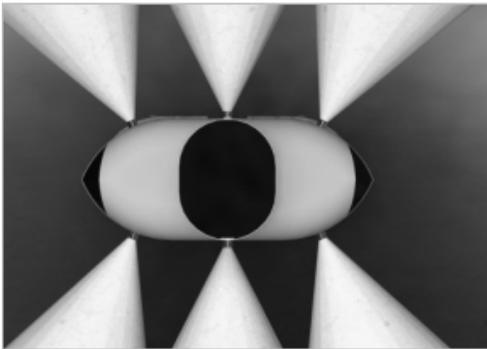
ubicados tres sensores tanto adelante como atrás con el objetivo de obtener la mayor cobertura posible del medio que lo rodea (véase Figura 4 y 5). En la Figura 5 puede observarse la proyección de cobertura del haz de los sensores.

Figura 4: Chaleco con la ubicación de los sensores frontales y posteriores.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5: Diámetro del haz de los sensores en el chaleco: vista superior.



Fuente: elaboración propia.

El factor de escala de cada sensor está dado por la ecuación (1). Donde v_s es el voltaje de salida analógico y v_{cc} es el voltaje de alimentación.

$$v_s = \frac{v_{cc}}{512} \quad (1)$$

La anterior fórmula se aplica por cada pulgada que es detectada por el sensor. Esto implica que para el voltaje de alimentación utilizado de 3,3 V se obtiene aproximadamente 6,4 mV/in.

Debido a que el conversor ADC del módulo Arduino tiene una resolución de 10 bits o 1024 conteos, el dato que ingresa de los sensores debe calcularse como se muestra en (2), obteniendo la distancia medida por el sensor (en pulgadas).

$$\text{Pulgadas} = \frac{\text{datos del sensor}}{2} \quad (2)$$

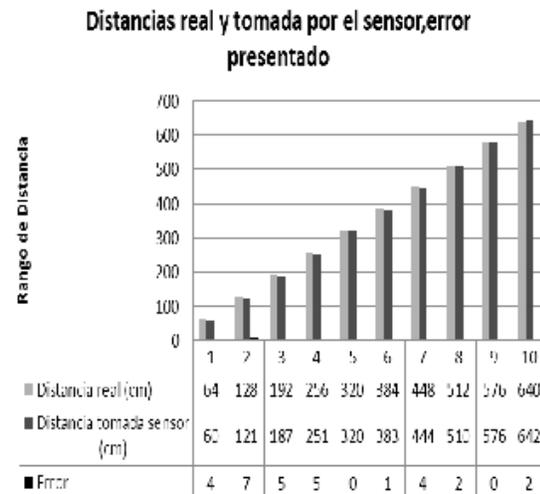
Luego se transforma en centímetros para un mejor manejo de las unidades mediante la ecuación (3).

$$\text{centimetros} = \text{pulgadas} * 2,54 \text{ cm} \quad (3)$$

Cuando el sensor recolecta los datos existen pequeñas fluctuaciones entre las medidas tomadas y los datos reales, para obtener la medida más cercana a la real se realiza un filtro que monitorea nueve datos del sensor y entrega estadísticamente la moda y la media, en caso de que se presente más de una moda el filtro entregará la media.

En la Figura 6 se observa el porcentaje de error existente entre la distancia real y la distancia que tomó el sensor en cada una de las medidas tomadas, además se observa el porcentaje de error promedio igual a 0,95 % de diez distancias tomadas.

Figura 6: % de error de cada distancia tomada.



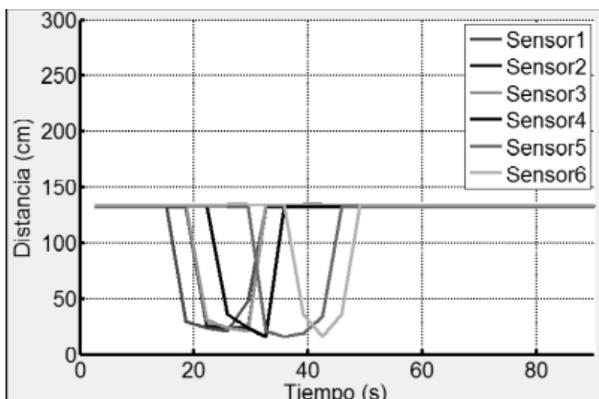
Fuente: elaboración propia.

3. Pruebas y resultados

Después del montaje se realizaron pruebas con el fin de dejar el dispositivo funcionando correctamente para que el usuario pueda recibir el mensaje con la ubicación del objeto, para realizar estas pruebas se conectó el

Arduino a Matlab® mediante bluetooth. En la Figura 7 se observa la gráfica de los datos tomados por los sensores en distancia y tiempo, las trayectorias son irregulares debido a que se experimentó con un objeto que se movía a través de los sensores.

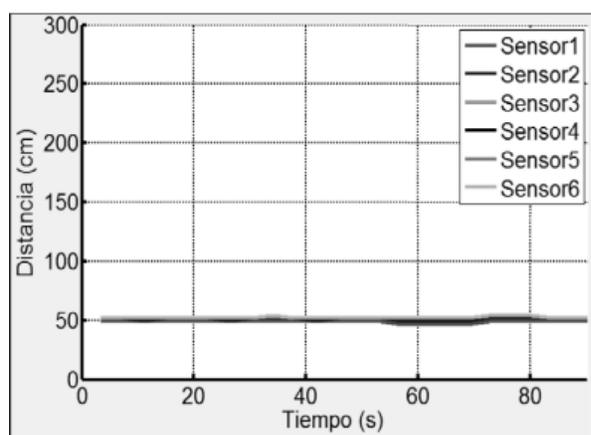
Figura 7: Interfaz gráfica distancia-tiempo en Matlab.



Fuente: elaboración propia.

Luego se realizaron pruebas con los seis sensores en el chaleco para invidentes, ubicándolos de manera que puedan detectar un objeto estático a una distancia de 141 cm, la Figura 8 detalla la información tomada por los sensores frontales del chaleco en la presencia de un obstáculo a 50 cm.

Figura 8: Interfaz gráfica de los seis sensores distancia de 50 cm.

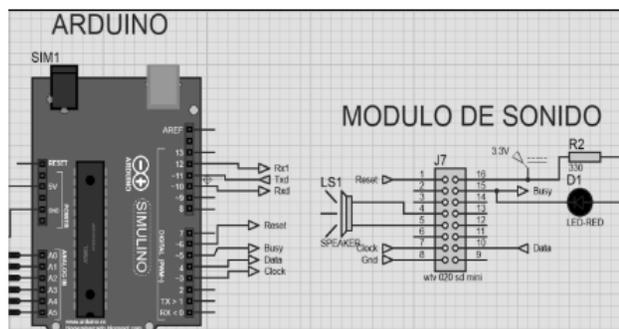


Fuente: elaboración propia.

El sistema está provisto de un módulo de sonido que ayuda al invidente a evadir obstáculos por medio de mensajes, indicándole la ubicación de los mismos. La referencia del módulo de sonido es Wtv020sd16p mini que

trabaja con 2,5 V a 3,6 V consumiendo menos voltaje y presentando bajo consumo de energía; por medio de la librería Wtv020sd16p.h, se controla el módulo de sonido en donde se condicionan los sensores para una respuesta rápida de la existencia de un objeto activando las grabaciones de la micro SD del módulo de voz. La Figura 9 muestra la conexión del módulo de sonido con el módulo Arduino.

Figura 9: Conexión de arduino con el módulo de sonido.



Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se procedió a probar el funcionamiento del sistema colocando un escenario para la localización de objetos. En la Figura 10 se observan las fotos tomadas de la marcha que se realizó; en la Figura 11 y en la Figura 12 se muestran los datos obtenidos por los sensores frontales y posteriores, detectando los objetos que se encuentran a mayor y a menor distancia. En esta prueba el usuario escuchó por medio del módulo de sonido la ubicación del objeto.

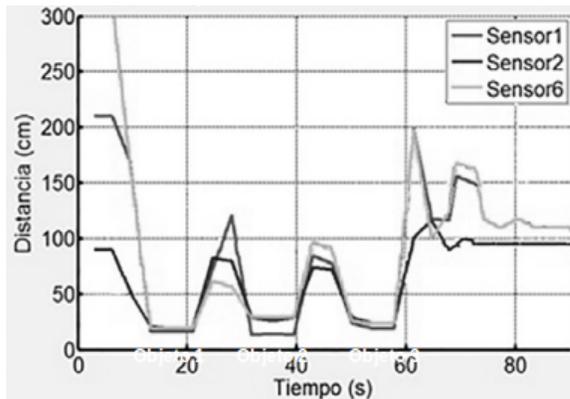
Figura 10: Funcionamiento del dispositivo.



Fuente: elaboración propia.

La Figura 11 y 12 muestran la detección con los sensores frontales de tres objetos diferentes denominados objeto 1, objeto 2 y objeto 3.

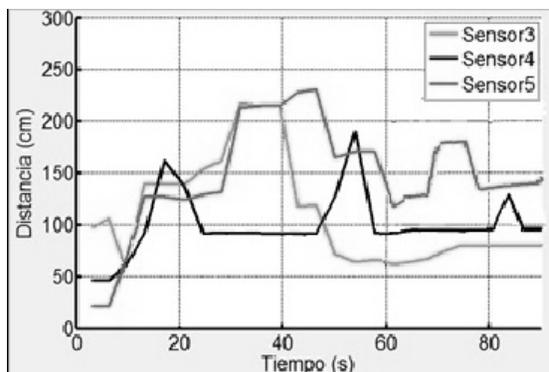
Figura 11: Sensores frontales.



Fuente: elaboración propia.

De la Figura 11 se puede observar que el objeto 1 es detectado por los tres sensores a una distancia de 18 cm; el objeto 2 presenta forma cilíndrica, por ello los sensores dos y seis lo detectan a una distancia de 26 cm, mientras que el sensor uno lo detecta a 16 cm; el objeto 3 es localizado a 23 cm. La Figura 12 muestra la detección de obstáculos de los sensores posteriores.

Figura 12: Sensores posteriores.



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los datos que detectan los sensores a distancias menores e iguales a 30 cm, cuya condición

de detección activa el módulo de sonido, se realizó la programación en Arduino. El módulo de sonido tiene una memoria micro SD que contiene las indicaciones alertando al invidente de la existencia de un obstáculo según sea el caso.

4. Conclusiones y trabajo futuro

La configuración de los sensores en encadenamiento, junto con el filtro, presentan una gran estabilidad a la hora de recibir los datos, obteniendo distancias aproximadas a las que se encuentran los objetos.

El funcionamiento del sistema muestra que los sensores detectan correctamente la cantidad de obstáculos presentados en varios escenarios; también, con la información proporcionada por el módulo de sonido ofrecen seguridad al invidente por lo que se caracteriza un dispositivo fiable, ergonómico y con capacidad de guiar al usuario.

Referencias

- [1] World Health Organization, “Visual impairment and blindness”, agosto 2014, agosto. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>
- [2] Dane, “Censo 2005 de discapacidad”, mayo 2014, mayo. [En línea]. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/files/censo2005/discapacidad.pdf>
- [3] P. Costa, H. Fernández, P. Martins, J. Barroso, L. Hadjileontiadis, “Obstacle Detection using Stereo Imaging to Assist the Navigation of Visually Impaired”,. *Procedia Computer Science*, vol 14, pp 84-86, 2012.
- [4] M. Serrão, J. Rodrigues, J. DuBuf, “Indoor Localization and Navigation for Blind Persons using Visual Landmarks and a GIS”., *Procedia Computer Science*, vol 14, pp 66, 2012.
- [5] J. Mosquera, D. Rodríguez, “Sistema de reconocimiento de obstáculos para movilidad de Invidentes”. Universidad del Cauca. Popayán, Tesis de pregrado Ingeniería electrónica y telecomunicaciones, pp. 22, 2014