

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/262004432>

Orientación y movilidad en espacios exteriores para aprendices ciegos con el uso de dispositivos móviles

Orientation and mobility outdoors for blind learners using mobile devices

Article · January 2008

CITATIONS

8

READS

180

2 authors:



Jaime Sánchez

University of Chile

498 PUBLICATIONS 2,366 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Mauricio Sáenz

University of Chile

33 PUBLICATIONS 325 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Curriculum Integration of Mobile Devices in the Chilean Educational System [View project](#)



Knowledge construction with concept mapping editors [View project](#)



Orientación y movilidad en espacios exteriores
para aprendices ciegos con el uso
de dispositivos móviles
*Orientation and mobility outdoors for blind
learners using mobile devices*

JAIME SÁNCHEZ¹

Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Chile
Blanco Encalada 2120, Santiago, Chile
jsanchez@dcc.uchile.cl

MAURICIO SÁENZ²

Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Chile
Blanco Encalada 2120, Santiago, Chile
msaenz@c5.cl

Recibido: 18-11-2007

Aceptado: 30-12-2007

¹ Recibió los grados académicos de M.A. (1983), M.Sc. (1984) y Ph.D. (1985) por la Universidad de Columbia, Nueva York. Es Profesor Asociado de Interacción Persona-Computador en el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile. Sus intereses en investigación incluyen audio y desarrollo cognitivo, métodos de evaluación de usabilidad, aprendizaje basado en juegos y aprendizaje móvil.

² Ingeniero Civil en Computación por la Universidad de Chile y es egresado de Magíster en Ciencias, mención Computación en la misma casa de estudios. Trabaja como Coordinador de Ingeniería en el Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento, C5, del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile, desarrollando proyectos de investigación en el área de videojuegos y educación.



Resumen

Los usuarios con discapacidad visual presentan problemas de movilidad, motivando el desarrollo de soluciones computacionales que atiendan o minimicen tales dificultades. Nuestro propósito es entregar una solución sencilla que ayude a los usuarios ciegos a movilizarse en entornos abiertos. En este trabajo se presenta la experiencia de Ambient GPS (aGPS), una solución de *hardware* y *software* para ayudar a los usuarios ciegos en sus tareas diarias de movilidad exterior. Consiste en un *software* basado en sonido, integrado en una Pocket PC que junto a la ayuda de satélites GPS entrega información a usuarios ciegos para orientarse y moverse a través de distintos puntos de interés en la ciudad. La metodología de diseño estuvo centrada en el usuario legalmente ciego, contando con su ayuda, soporte y continuo enriquecimiento. Los usuarios que utilizaron aGPS mostraron mayor autonomía durante los recorridos realizados y fueron capaces de dominar de mejor forma las técnicas específicas de orientación y movilidad durante los desplazamientos, incluso en ambientes desconocidos, llevándolos a descubrir mejores caminos para alcanzar sus destinos.

Palabras clave: Tecnología móvil, usuarios ciegos, tecnología asistida, movilidad y orientación.

Abstract

Users with visual disabilities present outdoor mobility problems motivating the implementation of solution that minimize and ameliorate such difficulties. Our goal is to provide a simple solution to assist blind users in their displacement through open environments. Ambient GPS (aGPS) is a hardware and software solution to assist blind users in their daily outdoor mobility tasks. aGPS is a sound-based software embedded in a Pocket PC that together with the assistance of a GPS provides information to blind users to orient and mobilize through diverse points of interest in the city. We developed this solution with the assistance, support and permanent enrichment provided by visually impaired users. Users that interacted with aGPS showed higher autonomy during travels and were able to better master Orientation and Mobility techniques during displacements, even in unfamiliar contexts, leading them to find out better paths to walk through known destinations.

Key words: Mobile technology, blind users, assistive technology, orientation & mobility



Introducción

Los dispositivos de sistemas de posicionamiento global (GPS), han ganado popularidad en los mercados globales debido a su versatilidad, reducción de tamaño y costo, y su habilidad para conectarse a otros dispositivos (Federal Aviation Administration. Satellite Navigation, 2007). Un uso de estos dispositivos que va en aumento es su utilización en grandes ciudades para optimizar el tráfico urbano, como por ejemplo en los sistemas de transporte (Balaji, Suresh, Ganesh, 2003). En estos casos los puntos deben ser expresados previamente en el GPS, representando digitalmente todas las calles que constituyen los lugares a ser visitados.

A pesar de todos los esfuerzos tecnológicos, estos sistemas todavía necesitan un operador humano para transferir los datos entregados por el GPS a través de un PC o un dispositivo móvil, particularmente porque la precisión de estos dispositivos no es acertada debido a limitaciones tecnológicas. Así por ejemplo, aún no podemos pensar en un vehículo controlado totalmente por un GPS.

Muchos esfuerzos se han realizado para usar esta tecnología para ayudar a personas con discapacidad, aunque principalmente para usuarios con discapacidad visual (Moore, 2002; Bradley, Dunlop, 2004; Golledge, Marston, Loomis, Klatzky, 2004; Holland, Morse, 2001; Loomis, Marston, Golledge, Klatzky, 2005). Algunos proyectos proponen diferentes modos de interacción para usuarios ciegos usando dispositivos móviles, implementando modos de entrada a través del uso de comandos táctiles o de voz, cuya salida es provista a través de sonidos hablados y no hablados (Dowling, Maeder, Boldes, 2005; Amar, Dow, Gordon, Hamid, Sellers, 2003; Chen, 2005; Sánchez, Maureira, 2007; Sánchez, Aguayo, 2007).

El uso de tecnología GPS ha enfrentado numerosos problemas (Willis, Helal, 2004). Uno de ellos es la representación o *mapping* de una ciudad completa, que constituye un costo adicional para el usuario al integrar el mapa en el dispositivo. Otro problema técnico es la falta de precisión de estos dispositivos. Los errores inducidos por el GPS provocan, por ejemplo, que los usuarios ciegos puedan terminar en situaciones de peligro, como quedar detenidos en el medio de una calle mientras el GPS indica



que están parados en una acera. Para eliminar este tipo de errores, muchas soluciones han sido implementadas, como agregar puntos de medición de modo de mejorar la precisión (Willis, Helal, 2004). Asimismo, debido a que no se ha conseguido una precisión exacta, el problema no ha sido resuelto aún y se ha agregado una dificultad extra: el incremento en el precio del dispositivo implícito en la resolución de este problema.

Los problemas relacionados al uso del GPS no son los únicos. El desplazamiento que realiza un usuario ciego se basa principalmente en exploración perimetral. Dicho de otro modo, el usuario se mueve a través del contorno más cercano para poder llegar a un punto de destino (Lahav, Mioduser, 2004).

Esta forma de explorar el ambiente puede llevar a los usuarios a encontrar soluciones ineficientes a los problemas (Kulyukin, Gharpure, Nicholson, Pavithran, 2004). Esto sucede cuando ellos encuentran obstáculos en su camino y están limitados a tomar decisiones rápidas y eficientes para reconocer caminos alternativos. Los problemas que enfrentan los usuarios ciegos en un contexto móvil son diversos y dinámicos, lo que hace difícil tomar decisiones acerca de rutas, generando un movimiento con muy poca autonomía.

Aún más, los usuarios legalmente ciegos se orientan en el espacio a través de ángulos rectos, lo que no les permite una completa representación del ambiente real. Un modo de resolver este problema es navegando a través de un sistema de reloj (Sánchez, Galaz, 2007). Este sistema de reloj, en conjunto con la tecnología móvil, puede ser una valiosa alternativa para ayudar la orientación y movilidad de los usuarios ciegos.

Kapic (2003) presenta una investigación sobre los mecanismos y las tecnologías necesarias para solucionar los problemas de navegación y orientación interior para usuarios ciegos. En este estudio el autor evalúa el uso de un sistema que se enfoca en las formas en que un usuario con discapacidad visual percibe y toma información del ambiente.

El *software* aGPS que se propone aquí no provee una solución para el desplazamiento; más bien entrega herramientas al usuario de modo que



éste pueda encontrar su propio camino, estimulando de esta forma el uso de las habilidades de resolución de problemas. Un problema se define e identifica cuando el procedimiento para resolverlo no es claro, generando diferentes formas posibles de solucionarlo. Por lo tanto, un problema no puede ser solucionado usando una receta o aplicando un resultado conocido (Mayer, 1992), Polya (1973) describe heurísticas para la resolución de problemas, incluyendo una metodología que involucra cuatro etapas clave: encontrar el problema, diseñar una estrategia, desarrollarla y revisarla.

Este estudio introduce una herramienta computacional de nombre aGPS (*ambientGPS*) para ayudar a los usuarios ciegos en su desplazamiento a través de la ciudad y presenta los resultados de su evaluación de usabilidad e impacto cognitivo. aGPS es una solución de *hardware* y *software* para ayudar a los usuarios ciegos en sus tareas diarias de orientación y movilidad exterior, tanto en contextos familiares como desconocidos.

Descripción de aGPS

Diseño

Durante el diseño de aGPS se estudiaron diferentes alternativas de *hardware* y metodologías para presentar la información. El *hardware* principal usado en nuestro estudio es un pequeño dispositivo GPS que incluye Bluetooth. Durante el análisis de diferentes dispositivos GPS disponibles en el mercado, buscamos uno que pudiera satisfacer los requerimientos propios del sistema y que fuera adecuado para usuarios finales ciegos. Los pro y contra de las distintas alternativas fueron analizados. Finalmente, optamos por el uso de un dispositivo que solamente enviara datos a otro dispositivo, pero que no los interpretara. La razón por la que hicimos esta elección es que estos dispositivos son más pequeños que los que poseen interfaces para interpretación de datos, que usan principalmente interfaces visuales.

Para la interpretación de datos se utilizó una *handheld* Pocket PC debido a su versatilidad de uso, portabilidad y nuestra experiencia anterior en

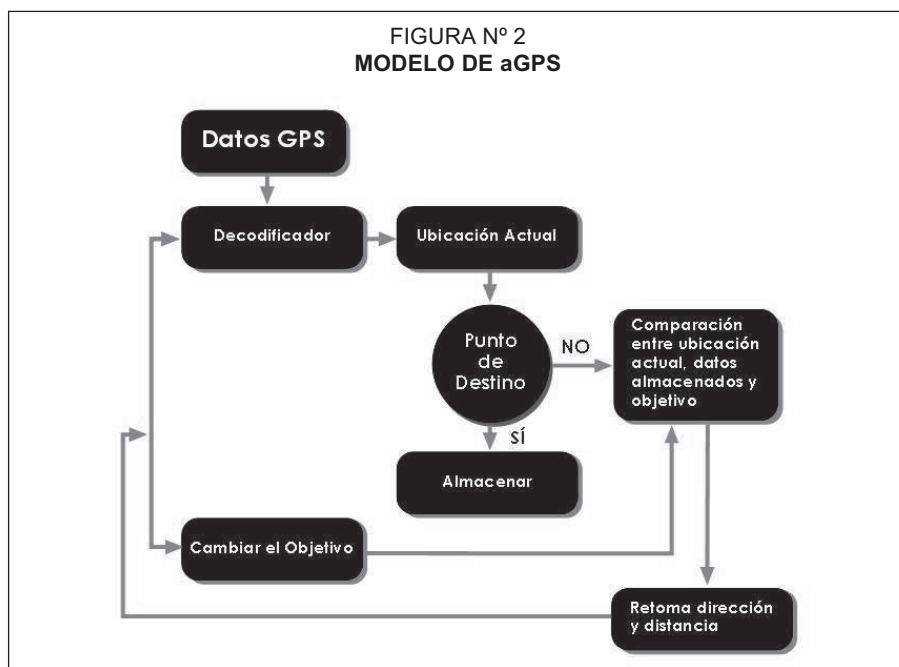


el uso de estos dispositivos para usuarios con discapacidad visual (Sánchez, Aguayo, 2007; Sánchez, Galaz, 2007; Sánchez, Maureira, 2007). La razón por la que este dispositivo es más adecuado para estos usuarios es la facilidad con la que herramientas fundamentales pueden ser integradas cuando se crean interfaces para personas con discapacidad visual, como el uso de un sintetizador de voz humana, *text-to-speech* (TTS).

La importancia de esta investigación no es el uso del GPS en sí, sino la posibilidad de que personas con discapacidad visual puedan moverse libremente en un ambiente exterior. Por lo tanto, no hay necesidad de información específica como velocidad, rutas, puntos de interés u otros aspectos relacionados al dispositivo GPS. Sólo necesitamos obtener la latitud y longitud en un momento específico. El protocolo NMEA (National Marine Electronics Association) para la transmisión de datos es más que suficiente para nuestras necesidades. NMEA es una especificación que define la interfaz entre varias piezas de equipamiento electrónico marino. Teniendo esto en mente, transformamos el GPS en una herramienta que sólo envía la posición actual a la Pocket PC. Todo el resto de la información que se entrega al usuario con discapacidad visual es resuelto por la PocketPC usando las coordenadas obtenidas del GPS. La PocketPC debe ser cargada anteriormente con las coordenadas de destino de los lugares que el usuario visitará.

El proceso de entrega de direcciones está basado en un “sistema horario”, que es usado para informar al usuario sobre direcciones específicas para llegar al punto de destino. En este sistema el usuario siempre está posicionado en dirección a las 12 en punto (ver Figura N° 1). El sistema horario es una metáfora usada para indicar una cierta dirección y consiste básicamente en situar al usuario en el centro de un reloj análogo. El usuario está siempre en dirección a las 12, de modo que si queremos que se mueva a la derecha, le decimos “anda a las 3”; para que vaya a la izquierda, le decimos “anda a las 9” y para que retroceda le decimos “anda a las 6”.

Este sistema tiene la ventaja de tener puntos intermedios que son fáciles de interpolar. Por ejemplo, si decimos que la dirección es la 1 en punto, el





usuario entiende que esto corresponde a una posición un poco a la derecha de su dirección actual.

Asimismo, se estudiaron otras formas de señalar direcciones. Una de ellas fue el sistema de puntos cardinales. Este sistema tiene dos desventajas principales: 1. el usuario tiene que estar consciente de su dirección actual en relación al norte; y 2. es difícil entregar y entender direcciones intermedias, como sur-sur-este. Otro sistema analizado en nuestro estudio fue el uso de izquierda, derecha, adelante y atrás, pero era muy limitado en su libertad de movimientos.

La Figura N° 2 describe el proceso del sistema aGPS. El GPS envía datos constantemente a la PocketPC. La PocketPC obtiene la posición actual desde los datos entregados por el GPS; si la posición actual es utilizada como un punto de partida, se guarda en el dispositivo; en caso contrario, la PocketPC compara este nuevo punto con los puntos de partida y destino, y retorna la distancia y dirección necesarias para llegar al punto de destino. Mientras no exista un cambio en los puntos de partida o destino, este cálculo continúa en tiempo real. Un cambio en el punto de destino desataría un cálculo para este nuevo punto de destino y un cambio en el punto de inicio provoca un nuevo cálculo basado en este nuevo punto de partida.

Desarrollo

El *software* fue implementado usando Microsoft Visual Studio 2005 y C# *compact framework* para el desarrollo en dispositivos móviles. El GPS usado en este proyecto fue un PRETEC BT MINI, que utiliza Bluetooth como su único medio de comunicación. El dispositivo móvil usado fue un DELL AXIM x50 PocketPC con un procesador de 520 MHz, 64Mb de RAM, 128MB de ROM y sistema operativo Windows Mobile 2003 second edition.

El desarrollo del *software* involucró la creación de una interfaz de entrada, interfaz de salida (TTS y GUI), comunicación serial y un *parser* de datos NMEA.

El GPS envía constantemente la ubicación actual a la PocketPC en formato NMEA a través de una conexión Bluetooth. La información que



llega a través de la conexión Bluetooth es recibida por la PocketPC asociándola a un puerto serial. El *parser* aísla la información referente a la posición actual del resto de los datos. Esta información puede ser comparada en cualquier momento con la información guardada de la posición de partida, obteniéndose la distancia y dirección al punto de destino en tiempo real.

La interfaz de entrada consiste en tres botones de la PocketPC. El primer botón es usado para ingresar un punto de partida de un camino, que puede ser la primera posición ingresada al iniciar el *software*, o una ubicación ingresada al hacer un cambio de dirección. El segundo botón se usa para consultar información al sistema. Cuando el usuario aprieta este botón, el TTS contesta con la distancia y dirección (usando el sistema horario para expresar la dirección) al destino. El tercer botón es usado para cambiar el punto de destino. Cuando el usuario presiona este botón, navega a través de una lista circular con diferentes destinos hablados por el TTS.

La interfaz de salida está compuesta principalmente por el TTS. Como se mencionó anteriormente, el TTS responde a los requerimientos hechos por los usuarios presionando un botón, de modo que la única salida proporcionada al usuario consiste en la distancia y dirección al punto de destino y los nombres de los puntos de destino. No se entregan rutas al usuario. El usuario debe decidir los caminos a seguir, de modo de llegar al punto de destino. También hay una interfaz visual que entrega en todo minuto información respecto al punto de destino, la distancia y dirección para llegar a destino. Esta interfaz es usada para ayudar a los facilitadores de modo que puedan apoyar a los usuarios ciegos en su aprendizaje para propósitos de movilización.

El TTS es un servicio integrado en la PocketPC y permite transformar palabras escritas en ondas de sonido. En otras palabras, es un sintetizador de voz humana que provee información a usuarios sin la necesidad de sonidos pre-grabados, lo que hace más fácil la expansión del sistema.

El sistema se activa cuando recibe una señal GPS con información válida. Esta información corresponde a datos provenientes de al menos tres satélites, ya que cualquier dato recibido de menos satélites no es válido.



Una vez que es recibida la primera señal válida, el sistema comienza a entregar la distancia entre el usuario y los distintos destinos cargados. Esto se hace mediante el cálculo de la diferencia entre las coordenadas actuales del usuario y las coordenadas del punto de destino. Entonces el sistema transforma esta distancia, que está basada en grados, minutos y segundos, a metros, que pueden ser fácilmente entendidos por cualquier usuario.

Distintos enfoques para entregar al usuario la información concerniente a distancia al usuario fueron probados. El uso de metros para entregar estos datos fue seleccionado una vez que se verificó que podía ser fácilmente entendido por usuarios ciegos.

Cuando el sistema comienza a funcionar el usuario debe caminar algunos pasos en cualquier dirección, de modo de configurar inicialmente el GPS y así obtener la dirección en que se desplaza. Con esto, configurado el GPS es capaz de entregar los datos al usuario para que se movilice autónomamente.

Para calcular la dirección al destino se utilizan tres puntos: punto de inicio, punto actual y punto de llegada. Usando estos tres puntos podemos obtener el ángulo entre la trayectoria del usuario y el camino que lleva al destino. El problema con este enfoque es que no considera si la proyección del ángulo es realizada desde la izquierda o la derecha; por lo tanto, debe haber una estimación adicional, considerando el ángulo entre el norte y nuestro camino.

Los puntos de destino almacenados se obtuvieron haciendo que el GPS reportara en la pantalla las coordenadas geográficas del punto donde estaba ubicada la pocketPC. Para lograr esto, los desarrolladores del *software* visitaron diferentes ubicaciones para la realización de evaluaciones de usabilidad. Estas ubicaciones se almacenan en múltiples puntos de interés, en un archivo que posteriormente fue leído por el software cuando fue utilizado por usuarios con discapacidad visual. Este procedimiento permite la integración futura de nuevos puntos, en una manera eficiente e independiente del *software*. Las coordenadas geográficas pueden ser obtenidas usando otros medios digitales, como *GoogleEarth*. De hecho, du-



rante el segundo testeo de usabilidad se cargaron coordenadas de puntos interesantes obtenidos de *GoogleEarth*, eliminando la necesidad de visitar previamente los puntos de destino. Los puntos de destino pueden ser agregados al *software* sin cambiarlo, debido a que son guardados en archivos separados.

Impacto cognitivo

Participantes

Las pruebas de cognición fueron realizadas por dos facilitadoras, las que se encargaron de realizarlas con los usuarios finales, proveyendo la asistencia necesaria para una correcta ejecución de las tareas. El total de la muestra fue distribuido en dos grupos de tres participantes cada uno. La asignación de cada sujeto a un grupo se determinó según su ingreso al proyecto. Así, quienes componen el grupo experimental corresponden a aquellos participantes que se integraron desde el primer mes de trabajo; y quienes pertenecen al grupo control son aquellos que se integraron de forma tardía y paulatina para completar la muestra final.

Todos los participantes eran legalmente ciegos (ver Figuras Nos. 3 y 4). No se pretendió tener una muestra mayor, ya que se trata de un estudio exploratorio piloto de usabilidad y factibilidad inicial de la aplicación propuesta.

Instrumentos

Tareas cognitivas

Apresto. Prueba de Reloj. Los aprendices, manteniéndose de pie, se ubican en el centro de una maqueta que simula un reloj tamaño gigante. Utilizando su bastón, recorren cada una de las horas del reloj que se encuentran destacadas en relieve. Una vez que reconocen la maqueta e identifican la posición que ocupa cada hora, se les entregan verbalmente dis-



tintas indicaciones para que se muevan dentro del reloj en la dirección indicada, resaltando que cada vez que cambian de posición o realizan un giro de forma automática, cambia también la posición de las 12 en el reloj; hora que siempre se ubicará al frente. Luego realizan el mismo ejercicio pero sin utilizar el reloj maqueta.

Tarea Cognitiva 1. Recorriendo Santiago. *Grupo sin GPS:* Se entrega a los aprendices información básica acerca del lugar, además de los puntos de inicio y destino de las rutas a realizar. Dadas las indicaciones y recomendaciones generales, se solicita a los aprendices que utilicen los recursos y las estrategias que cada uno utiliza comúnmente para llegar al destino solicitado. Una vez que llegan al destino, las facilitadoras se reúnen con el aprendiz y formulan una serie de preguntas acerca de la experiencia. *Grupo con GPS:* Cada aprendiz recibe el dispositivo móvil al inicio de cada recorrido, recordando primero las funcionalidades del *software*. Posteriormente se le informa acerca del punto de inicio del recorrido, y del destino que debe alcanzar para que los busque en el menú del *software*. La persona es ubicada en el punto de inicio y se le permite que comience la manipulación de la herramienta y se dirija, autónomamente, hacia el lugar solicitado. Las facilitadoras observan desde la distancia cada detalle del recorrido y registran la información. Una vez que llega al destino, las facilitadoras se reúnen con el aprendiz y le formulan una serie de preguntas acerca de la experiencia.

Tarea Cognitiva 2. Carta de Navegación. Utilizando mapas en relieve, los aprendices cumplen distintas tareas para dar solución a problemas asociados a desplazamientos. En estos ejercicios desarrollan y utilizan habilidades asociadas con la resolución de problemas, entre ellas: análisis, selección, planificación y evaluación.



FIGURA N° 3
**DATOS GENERALES DEL GRUPO EXPERIMENTAL
PARTICIPANTE EN LA INVESTIGACIÓN**

GRUPO EXPERIMENTAL				
Caso	Sexo	Edad	Diagnóstico	Grado de visión
1	Masculino	31	Retinitis pigmentosa	Ceguera adquirida Visión residual no funcional.
2	Masculino	32	Uveítis	Ceguera adquirida. Visión residual no funcional.
3	Femenino	19	Retinitis pigmentosa Hipermetropía Astigmatismo	Baja visión No funcional Sólo OI tubular.

FIGURA N° 4
**DATOS GENERALES DEL GRUPO CONTROL PARTICIPANTE
EN LA INVESTIGACIÓN**

GRUPO CONTROL				
Caso	Sexo	Edad	Diagnóstico	Grado de visión
4	Masculino	18	Retinitis pigmentosa	Baja visión Fotofobia avanzada No funcional
5	Masculino	35	Atrofia ocular	Ceguera total adquirida
6	Masculino	27	Atrofia del nervio óptico bilateral	Ceguera Total congénita



Pautas de Evaluación

Como instrumentos de evaluación y registro de la tarea, se confeccionaron y utilizaron tres pautas:

- a. **Pauta evaluación de la ruta.** Se definieron seis indicadores considerados significativos a la hora de analizar y comparar el desempeño de ambos grupos. Estos indicadores abarcan una serie distinta de ítems que se observaron y valoraron luego de realizado cada recorrido. Se define cada indicador, a fin de comprender y evaluar a los aprendices de manera adecuada y de acuerdo con los siguientes parámetros: autonomía, flexibilidad, movilidad, eficacia en el desplazamiento, resolución de problemas y dominio emocional. Con ello se deja registro de los detalles más importantes ocurridos durante la sesión de desplazamiento. El puntaje máximo a obtener corresponde a 111 puntos.
- b. **Autoevaluación.** Se realizó una autoevaluación a través de un breve cuestionario oral que se aplicó a cada sujeto al finalizar cada recorrido, en relación a su desempeño durante el desplazamiento.
- c. **Lista de cotejo.** Se aplicó con la segunda tarea cognitiva, donde los aprendices utilizaron mapas en relieve para reconocer y recrear desplazamientos en los sectores que recorrieron de manera directa. La lista permitió evaluar la capacidad de resolución de problemas de cada aprendiz.

Procedimiento

Dadas las características del presente estudio, cada etapa se realizó a través de cuatro rutas diferentes, especialmente seleccionadas para los aprendices, en el sector céntrico de la ciudad de Santiago de Chile. Dichas rutas se planificaron considerando la distancia entre el punto inicial y el punto de destino, número de calles y cuadras, grados de dificultad, etcétera. Cada ruta fue seleccionada teniendo en consideración su similitud en relación con dichos aspectos.



El tiempo de la intervención fue de cinco meses, de mayo a septiembre de 2007, período que fue dividido para el trabajo inicial con los grupos experimental y control, de forma separada. Cada sesión de trabajo se realizó una vez por semana, en sesiones de una hora. Se realizaron sesiones de apresto con el uso del sistema de reloj propuesto. Luego de esto se desarrollaron las tareas cognitivas.

Previo al conocimiento e interacción de los aprendices con el dispositivo a utilizar durante el experimento, se procedió a la ejecución de una tarea de apresto para la mejor comprensión de las actividades a desarrollar en la siguiente etapa, y se estudió la técnica de reloj.

Asimismo se realizaron las pruebas donde los usuarios efectuaron múltiples desplazamientos en contextos reales y desconocidos para ellos, empleando, según el grupo, el dispositivo-*software* GPS.

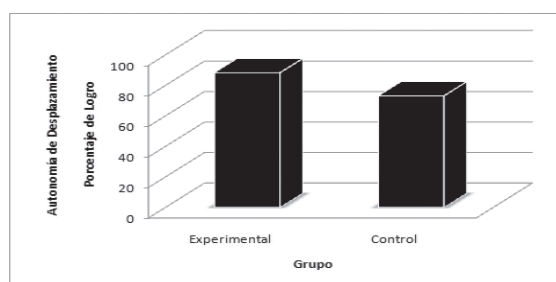
Resultados

En el gráfico de la Figura N° 5 se observa que el grupo experimental, con aGPS, mostró mayor autonomía durante los recorridos realizados, esto es, lograron desenvolverse de forma efectiva y alcanzar su destino sin ayuda de terceros. Si bien los resultados obtenidos no llegan al 90% de logro, tampoco desciende del 70% en el caso del grupo control. Existe una ganancia de 15,18 puntos porcentuales por parte del grupo control.

En flexibilidad, el grupo experimental obtiene mejores resultados que el grupo control. Estos resultados, sin embargo, apenas sobrepasan el 55% en el caso más alto, y sólo llegan al 47,91% en el caso más descendido, lo que por consiguiente permite considerar la existencia de impedimentos u obstáculos al momento de optar por rutas alternativas. Se observa también una ganancia de 8,34 puntos porcentuales por parte del grupo experimental.

En el índice de movilidad, ambos grupos obtienen resultados muy similares. A pesar de esto, los usuarios del grupo experimental fueron capaces de dominar de mejor forma las técnicas específicas de orientación y

FIGURA N° 5
LOGROS EN AUTONOMÍA DE DESPLAZAMIENTO
DEL GRUPO EXPERIMENTAL Y CONTROL



movilidad durante los desplazamientos. Entre ambos grupos se observa una ganancia de 3,56 puntos porcentuales por parte del grupo experimental, sin embargo no alcanzan el 70% de logro.

En la eficacia del desplazamiento, la diferencia porcentual entre grupo experimental y control es mínima (1,04 puntos), sin embargo el grupo control se encuentra levemente más arriba que el grupo experimental. Ambos grupos no alcanzan el 65% de logro en lo que respecta a su capacidad para desplazarse de manera eficaz, directa y precisa hacia un punto final.

Conclusiones

Hemos introducido un sistema utilizado para ayudar a los usuarios ciegos en sus tareas diarias de orientación y movilidad exterior. El *software* utilizado fue embebido en una PocketPC junto a un dispositivo GPS. Los usuarios fueron muy receptivos a la solución propuesta y estaban motivados por usar el sistema. El sistema horario usado por el *software* para transmitir información relacionada con direcciones fue fácilmente asimilado por los usuarios con discapacidad visual. Sólo se necesitó una pequeña introducción hecha por los facilitadores para que entendieran el sistema. En general, los usuarios no necesitaron ayuda extra para usar y aplicar el sistema. Lo representaron correctamente y su modelo mental asimiló fácilmente la forma en que opera el sistema.



Los usuarios que utilizaron aGPS mostraron mayor autonomía durante los recorridos realizados y fueron capaces de dominar de mejor forma las técnicas específicas de orientación y movilidad durante los desplazamientos, incluso en ambientes desconocidos, llevándolos a descubrir mejores caminos para alcanzar sus destinos.

aGPS usa tecnologías existentes y algunas soluciones conocidas, como el sistema de reloj. Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este proyecto no es introducir nuevas tecnologías, sino integrar y aplicar las tecnologías existentes para usuarios ciegos. De este modo, los usuarios estuvieron directamente involucrados en el proceso de desarrollo y se obtuvo una nueva solución diseñada en conjunto con los usuarios finales.

Este estudio abre un nuevo universo de formas de comunicar información de orientación y movilidad para los usuarios ciegos. De este modo podemos ir más allá del uso de puntos de referencia usados actualmente, tales como adelante, atrás, izquierda y derecha. Podemos comunicar direcciones diagonales que permitirán que otro *software* futuro pueda comunicar ubicaciones espaciales con una mejor cobertura del espacio usando el sistema horario.

Un problema que surgió cuando desarrollamos aGPS fue cómo comunicar distancia entre la ubicación actual y el punto de destino, a usuarios con discapacidad visual. Sabemos que es difícil, incluso para usuarios videntes, cuantificar distancias, y por lo tanto, más difícil para usuarios que no tienen un sistema de referencia visual.

No es necesario tener un mapa digital de la zona previamente cargado en el dispositivo. Esto permite la aplicación del *software* en cualquier lugar, usando solamente las coordenadas de los puntos de destino. El usuario debe encontrar los caminos a los puntos de destino. El *software* promueve el uso de estrategias y habilidades de resolución de problemas porque no entrega una solución al usuario, solamente ofrece pistas, de modo que el usuario pueda tomar sus propias decisiones. El sistema sólo entrega al usuario información sobre la dirección y distancia al punto de destino y el usuario tiene que decidir qué camino seguir para llegar al lugar elegido.



Sin necesidad de tener un mapa disponible, dos de los problemas mencionados en la introducción de este estudio se resuelven. En primer lugar, el costo extra de representar una ciudad completa. Y en segundo lugar, la falta de precisión de los dispositivos GPS, que los hace inadecuados para seguir una ruta en la ciudad, lo que crea un problema para un usuario ciego para llegar a un destino.

El uso del sistema horario resuelve el problema relacionado con la movilidad de usuarios ciegos a través de la exploración perimetral. Con el uso de este sistema ellos son capaces de encontrar caminos alternativos y reaccionar cuando encuentran un obstáculo en su camino.

Los resultados iniciales nos indican que es efectivo que un dispositivo móvil tipo PocketPC complementado con un GPS, provee a la persona con discapacidad visual una serie de herramientas que favorecen directamente el desplazamiento independiente y la eficiencia al momento de realizar uno o más recorridos, principalmente en espacios abiertos y desconocidos. Sin embargo, cabe destacar que parte del éxito de esta experiencia dependerá además de las propias habilidades del participante y del dominio de técnicas de orientación y movilidad. Sin requisitos mínimos de este tipo, difícilmente la tecnología basada en GPS podrá aportar, cumpliendo la función para la que fue diseñada.

Finalmente, a futuro se debe implementar en mayor profundidad y más extensamente las tareas cognitivas con el propósito de estudiar la orientación y movilidad de los usuarios ciegos al usar este tipo de aplicaciones. Es relevante observar el nivel de ayuda que puede otorgar una herramienta como aGPS en los distintos contextos en que se desenvuelve una persona al momento de trasladarse.

Agradecimientos

Este reporte ha sido financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Fondecyt, Proyecto #1060797.



Referencias

- AMAR, R.; DOW, S.; GORDON, R.; HAMID, M. y SELLERS, C. (2003). Mobile ADVICE: An Accessible Device for Visually Impaired Capability Enhancement, *ACM CHI '03*, Ft. Lauderdale, Florida, USA, pp. 918-919.
- BALAJI, D.; SURESH, S. y GANESH, P. (2003). Public Transport Information System for Chennai City using GIS – A Pilot Project. *Proceedings of Map India Conference 2003*.
- BRADLEY, N. y DUNLOP, M. (2004). Investigating design issues of contextaware mobile guides for people with visual impairments. *Proceedings of workshop on HCI in Mobile Guides Workshop at International Symposium, Mobile HCI 04*. Glasgow, UK, pp. 1-6.
- CHEN, X. (2005). Mixed-mode dialogue information access for the visually impaired. *SIGACCESS Accessibility and Computing*, Issue 81 (January 2005), pp. 16-19.
- DOWLING, J.; MAEDER, A. y BOLDES, W. (2005). A PDA based artificial human vision simulator. *Proceedings of APRS Workshop on Digital Image Computing WDIC 2005*, pp. 109-114.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. SATELLITE NAVIGATION, Product Teams. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 800 Independence Avenue, SW, Washington, DC 20591 <http://gps.faa.gov/GPSbasics/index.htm>, Accessed 10 Octubre 2007.
- GOLLEDGE, R.; MARSTON, J.; LOOMIS, J. y KLATZKY, R. (2004). Stated preferences for components of a personal guidance system for nonvisual navigation. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 98(3), pp. 135-147.
- HOLLAND, S. y MORSE, D. (2001). Audio GPS: Spatial audio in a minimal attention interface. *Proceedings of Mobile HCI 2001*, pp. 28-33.
- KAPIC, T. (2003). *Indoor Navigation for Visually Impaired*. A project realized in collaboration with NCCR-MICS, July-October, 2003.
- KULYUKIN, V.; GHARPURE, C.; NICHOLSON, J. y PAVITHRAN, S. (2004). RFID in robot-assisted indoor navigation for the visually impaired. *Proceedings IEEE/RSJ Intelligent Robots and Systems (IROS 2004) Conference*, September 28 - October 2, 2004, Sendai Kyodo Printing: Sendai, Japan.
- LAHAV, O. y MIODUSER, D. (2004). Blind Persons' Acquisition of Spatial Cognitive Mapping and Orientation Skills Supported by Virtual Environment. *Proceedings of 5th ICDVRAT 2004*, Oxford, UK, pp. 131-138.



- LOOMIS, J.; MARSTON, J.; GOLLEDGE, R. y KLATZKY, R. (2005). Personal Guidance System for People with Visual Impairment: A Comparison of Spatial Displays for Route Guidance. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 99(4), pp. 219-232.
- MAYER, R. (1992). *Thinking, Problem Solving, Cognition*. New York: W.H. Freeman and Company.
- MOORE, S. (2002). *Drishti: An Integrated Navigation System for the Visually Impaired and Disabled*. Master of Science Thesis, University of Florida.
- POLYA, G. (1973). *How to Solve It, A new Aspect of Mathematical Method*. New Jersey: Princeton University Press.
- SÁNCHEZ, J. y AGUAYO, F. (2007). Mobile Messenger for the Blind. In C. Stephanidis and M. Pieper (Eds.). *Lecture Notes in Computer Science, LNCS 4397*, pp. 369-385.
- SÁNCHEZ, J. y GALAZ, I. (2007). AudioStoryTeller: Enforcing Blind Children Reading Skills. In C. Stephanidis (Ed.): *Universal Access in HCI, Part III, HCII 2007, LNCS 4556*, pp. 786-795.
- SÁNCHEZ, J. y MAUREIRA, E. (2007). Subway Mobility Assistance Tools for Blind Users. In C. Stephanidis and M. Pieper (Eds.). *Lecture Notes in Computer Science, LNCS 4397*, pp. 386-404.
- WILLIS, S. y HELAL, S. (2004). A Passive RFID Information Grid for Location and Proximity Sensing for the Blind User. *University of Florida Technical Report, TR04-009*, pp. 1- 20.