



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**SISTEMA DE POSICIÓN Y ORIENTACIÓN MÓVIL PARA PERSONAS
CIEGAS EN AMBIENTES CERRADOS**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS, MENCIÓN
COMPUTACIÓN**

MAURICIO ALEJANDRO SÁENZ CORREA

**PROFESOR GUÍA:
JAIME SÁNCHEZ ILABACA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
NELSON BALOIAN TATARYAN
JEREMY BARBAY
GUSTAVO ZURITA ALARCÓN**

**SANTIAGO DE CHILE
DICIEMBRE - 2009**

RESUMEN

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
MAURICIO ALEJANDRO SÁENZ CORREA
FECHA: 28/12/2009
PROF. GUÍA: Dr. JAIME SÁNCHEZ

Diversos sistemas computacionales se han desarrollado para entregar solución a la movilidad y orientación de una persona ciega, los que van desde sistemas de entrenamiento previo hasta sistemas que acompañan al usuario dándole información *in situ*. El problema de muchas de estas soluciones es que están ligadas a tecnologías específicas que no están al alcance de los usuarios. Para espacios exteriores, tales como el barrio, la ciudad o la plaza, se utiliza tecnología GPS, pero esta tecnología no es apta para espacios cerrados tales como subterráneos y edificios. Estas limitaciones implican buscar tecnologías alternativas que permitan obtener de manera sencilla la posición de una persona en espacios que el GPS no cubre. Existen soluciones que apuntan a la identificación de posición en espacios cerrados, y que utilizan tecnología diseñada y desarrollada específicamente para dichos propósitos, obteniendo soluciones cerradas y que no son fáciles de masificar.

En este trabajo se presenta el diseño, desarrollo y evaluación de un sistema computacional que permite a un usuario no vidente conocer su posición y orientación en un ambiente cerrado. La aplicación se basa en el uso de tecnología Wi-Fi en conjunto con la representación previa del ambiente, lo que admite un menor número de puntos de acceso para determinar la información necesaria que permita conocer la posición y orientación del usuario. El sistema consta de tres aplicaciones: PYOMDatos, que permite capturar la intensidad de señal en los puntos requeridos; PYOMAnalyses, que analiza los datos capturados y mantiene los datos ordenados y estructurados para su utilización; y PYOM, aplicación del usuario que captura la intensidad de señal Wi-Fi en el ambiente y compara los resultados con aquellos almacenados, pudiendo entregar al usuario la información de posición y orientación solicitada. Se realizó una evaluación de usabilidad de la aplicación PYOM, además de algunos análisis de accesibilidad, confiabilidad, eficiencia, economía y disponibilidad.

El sistema propuesto sirve de base para aplicaciones de mayor complejidad en el uso de la información, como por ejemplo, un sistema que guíe a los usuarios por un entorno como la escuela, y que necesite como entrada de datos la posición y orientación del usuario.

La aplicación PYOM obtuvo alta aceptación por parte de los usuarios finales ciegos en todas las evaluaciones de usabilidad. La evaluación final de usabilidad logró más altos resultados con respecto a la evaluación inicial en los tres aspectos evaluados: satisfacción del usuario, control & uso y calidad de los sonidos, lo que denota una mejora en la interfaz del sistema. Gracias al diseño centrado en el usuario, el sistema obtenido es usable y accesible por los usuarios finales. El sistema propuesto es una solución sencilla y viable para proporcionar a un usuario ciego su posición y orientación en determinados espacios cerrados, logrando que este pueda desplazarse de forma autónoma.

Dedicado...

... a mi polola, novia y señora Marianela que me apoyó desde el principio en cada traspase, lectura de paper y trabajo en la tesis.

... a mis padres, Carlitos y Chechi, por su apoyo incondicional desde siempre.

... al equipo de C5, en especial Héctor, Angelo, Claudia, Susana, Gloria y mi profesor guía JS.

Índice

Índice	I—3
Índice Figuras	I—5
Índice Tablas	I—8
I. Introducción	I—9
Motivación	I—10
Justificación	I—11
Hipótesis	I—12
Objetivos	I—12
Objetivo General.....	I—12
Objetivos Específicos	I—12
Alcance	I—12
Agradecimiento	I—13
II. Antecedentes	II—14
Ciegos en el mundo	II—15
Ciegos en el contexto nacional	II—15
Inclusión e Integración Social	II—17
Dispositivos móviles y ciegos	II—18
Formas de orientación y movilidad	II—19
Movilidad de los ciegos.....	II—22
III. Trabajo Relacionado	III—24
Tecnologías de apoyo a determinar la posición de personas	III—25
GPS.....	III—25
RFID.....	III—25
WI-FI	III—26
El caso particular de los ciegos	III—27
IV. Sistemas de Ubicación	IV—37
Introducción	IV—38
Clasificación	IV—38
Métodos de Ubicación	IV—39
Triangulación	IV—40
Lateración	IV—40
Angulación.....	IV—41
Análisis de Escena	IV—42
Proximidad.....	IV—42

Guidelines	IV—42
Tecnologías inalámbricas disponibles para la ubicación	IV—44
Radio Frequency Identification (RFID)	IV—44
Bluetooth	IV—48
Infrarrojos	IV—48
Wireless Fidelity.....	IV—50
GPS.....	IV—53
V. Sistema de Posicionamiento y Orientación Móvil, PYOMSystem	V—54
Consideraciones para el diseño.....	V—55
Diseño	V—56
Modelo	V—56
Realización de Focus Group.....	V—57
Aplicaciones	V—58
PYOMDatos.....	V—58
PYOMAnalyses.....	V—61
ServerPYOM.....	V—63
PYOM	V—65
PYOMSystem	V—69
VI. Evaluación	VI—70
Usabilidad de Usuario Final.....	VI—71
Muestra	VI—71
Instrumentos	VI—72
Procedimiento	VI—72
Resultados	VI—73
Análisis de apoyo a la Evaluación	VI—77
Análisis económico	VI—77
Análisis de eficiencia.....	VI—78
Análisis de disponibilidad de servicio	VI—80
Análisis de confiabilidad	VI—80
Análisis de accesibilidad	VI—80
VII. Conclusiones	VII—81
Trabajo Futuro.....	VII—83
VIII. Referencias	VIII—85
IX. Anexos	IX—94
Anexo 1	IX—95
Anexo 2	IX—97
Anexo 3	IX—98

Índice Figuras

Figura 1. Gráfico de la condición socioeconómica de las personas ciegas en Chile, dividida de forma global en tres sectores	II—17
Figura 2. Gráfico de preferencias de clase de información contextual que más utilizan las personas no videntes y videntes.	II—20
Figura 3. Resultado de la actividad 1.....	II—21
Figura 4. Resultado de la actividad 2.....	II—21
Figura 5. Pares de <i>beacons</i> en un espacio adyacente	III—30
Figura 6. Ubicación de <i>beacons</i> con el transmisor de ultrasonido a 45°	III—31
Figura 7. Tags Ekahau especiales para ubicación	III—33
Figura 8. Bastón Lac (www.lac.u-psud.fr)	III—34
Figura 9. Polaron (www.eyeofthepacific.org)	III—34
Figura 10. UltraCane. (images.businessweek.com)	III—35
Figura 11. UltraCane (news.bbc.co.uk)	III—35
Figura 12. Miniguide (www.gdp-research.com.au)	III—36
Figura 13. Teletact utilizado junto con el bastón (Leroux et al., 2004).....	III—36
Figura 14. LaseCane (www.brailleteknik.com).....	III—36
Figura 15. Para determinar la posición 2D usando lateración se requiere medir la distancia entre el objeto de color rojo y los 3 puntos no colineales azules	IV—40
Figura 16. Representación de los datos para el cálculo de la ubicación de un objeto en 2 dimensiones por el método de angulación.....	IV—42
Figura 17. Esquema de un sistema RFID Ultra High Frequency.....	IV—46
Figura 18. Esquema de un sistema RFID High Frequency.....	IV—47
Figura 19. Bloques de arquitectura del sistema IrDA. Los de color verde corresponden a los opcionales, mientras que los de color celeste son los esenciales.	IV—49
Figura 20. Usos de una red wireless.....	IV—52

Figura 21. Precisión de la ubicación dependiente del número de puntos de acceso disponibles en el sistema	IV—52
Figura 22. Modelo de aplicación móvil basado en el de Sánchez et al. (2007a, 2007b).....	V—56
Figura 23. Interfaz de PYOMDatos (A) Interfaz Inicial (B) Interfaz con teclado virtual.....	V—58
Figura 24. Ubicación puntos de acceso de una habitación	V—59
Figura 25. Diagrama de clases del proyecto PYOMDatos	V—60
Figura 26. Carga de Archivos en PYOMAnalyses.....	V—61
Figura 27. Interfaz para agregar textos de posición y orientación de cada uno de los archivos	V—61
Figura 28. Diagrama de clases del software PYOMAnalyses.....	V—62
Figura 29. Estructura de archivo .XML generado por la aplicación PYOMAnalyses.....	V—62
Figura 30. Metáfora de reloj para orientar espacialmente al usuario	V—63
Figura 31. Interfaces de ServerPYOM. (A) Interfaz inicial de ServerPYOM (B) Interfaz final de ServerPYOM	V—63
Figura 32. Diagrama de clases del software ServerPYOM	V—64
Figura 33. Botonera utilizada de la PocketPC	V—65
Figura 34. Interfaz de Entrada de PYOM. (A) Modo de uso para solicitar Posición. (B) Modo de uso para solicitar orientación	V—65
Figura 35. Diagrama de funcionamiento del Text-to-Speech	V—66
Figura 36. Diagrama de comunicación con el sistema en la fase 1	V—66
Figura 37. Diagrama de comunicación del sistema en la fase 2.....	V—67
Figura 38. Diagrama de clases del proyecto ButtonManager	V—68
Figura 39. Diagrama de clases del proyecto PYOM.....	V—68
Figura 40. Diagrama de clases utilizadas del OpenNETCF.Net para controlar la detección de los puntos de acceso.....	V—69
Figura 41. Arquitectura de obtención y utilización de los datos en el sistema PYOM.....	V—69
Figura 42. Evaluación de usabilidad del software PYOM utilizando ServerPYOM.....	VI—71
Figura 43. Rutas recorridas en las sesiones de evaluación. Primera ruta es la que recorrieron los usuarios en la primera sesión, y Segunda ruta es la que recorrida en la segunda sesión.	VI—73

Figura 44. Participantes del testeo 2 de Usabilidad del software PYOM.....	VI—73
Figura 45. Resultados en el primer testeo de usabilidad según categorías.....	VI—75
Figura 46. Resultado de evaluación de usabilidad en el primer testeo según género	VI—75
Figura 47. Resultado en el testeo final de usabilidad según categorías	VI—76
Figura 48. Resultado de la evaluación de usabilidad según género del software PYOM	VI—77
Figura 49. Resultado comparativo entre el testeo inicial de usabilidad y el testeo final de usabilidad del software PYOM.....	VI—77
Figura 50. (A) Malla con 4 puntos de acceso y 4 celdas de medición (B) Malla con 4 puntos de acceso y 9 celdas de medición	VI—79

Índice Tablas

Tabla 1. Nivel de estudios de las personas ciegas en Chile.....	II—16
Tabla 2. Actividades realizadas por las personas ciegas en Chile.	II—16
Tabla 3. Dificultad que genera su discapacidad en las personas ciegas para recrearse, participar y estudiar en Chile.	II—17
Tabla 4. Clases de información contextual utilizada por personas videntes y no videntes.....	II—19
Tabla 5. Resultado de la frecuencia de información utilizada en 50 personas no videntes.	II—20
Tabla 6. Tabla comparativa de sistemas de ubicación	III—33
Tabla 7. Características de los tres tipos de RFID existentes.	IV—45
Tabla 8. Potencias y rangos de alcance para las clases bluetooth (spanish.bluetooth.com)	IV—48
Tabla 9. Usuarios participantes en el Focus Group.....	V—57
Tabla 10. Medición de la calidad de señal de todos los puntos de acceso de una habitación en un determinado punto	V—59
Tabla 11. Usuarios participantes de la evaluación de usabilidad de usuario final.....	VI—71

I. Introducción

Motivación

Desde un punto de vista social, desplazarse de manera independiente está ligado al rol de ciudadano. El individuo que funciona de manera aislada, ya sea por decisión propia o porque encuentra dificultades en su relación con el otro, no desarrolla a plenitud su rol de ciudadano. Se entiende que ser ciudadano no tiene que ver solamente con los derechos reconocidos por el Estado, sino también con las prácticas sociales y culturales que dan sentido de pertenencia (González & Patiño, 2005, Heater, 2004). Ser ciudadano implica participación y responsabilidad por el otro, es pertenecer a una comunidad, no virtual o etérea, sino congregada en torno a un lugar construido físicamente como condición de existencia, de la cual uno es responsable como elemento del todo (Mejía, 2000). En este sentido las personas con discapacidad visual deben realizar un esfuerzo adicional para insertarse en el mundo y participar efectivamente como ciudadanos en el entorno que los rodea. Ellos tienen dificultades para planear y ejecutar un desplazamiento y una exploración de manera autónoma, tienen problemas para adquirir descripciones de mapas con relieves y de la correlación de los mismos respecto de la posición que tienen en referencia al ambiente real (Kulyukin et al., 2004; Vogel, 2003).

El desplazamiento de un niño no vidente, por lo general, es principalmente de exploración perimetral, esto es, se desplaza por el contorno más cercano para llegar a un punto objetivo. Por esto, existen intentos por realizar una movilización más directa entre un punto y otro o entre objetos (Lahav & Mioduser, 2002, 2004). Algunos trabajos presentan resultados importantes referente a cómo los usuarios con discapacidad visual son capaces de representar mentalmente espacios recorridos virtualmente, siendo este el primer paso para lograr un mejor desplazamiento (Lahav & Mioduser, 2002, 2004; Westin, 2004; Sánchez & Zúñiga, 2006). Asimismo, estos estudios también muestran la importancia del uso de interfaces hápticas (Crommentujin & Winberg, 2006) e interfaces basadas en sonido (Sánchez & Sáenz, 2006a, 2006b; Westin, 2004; Amandine et al., 2005; Röber & Masuch, 2004), para lograr la navegación esperada por los espacios virtuales. Los usuarios no videntes utilizan objetos físicos, como paredes y barandas, para determinar su posición. Finalmente, otra información importante puede ser obtenida según la textura del piso tal como fin del pavimento o cambios del mismo (Kapić, 2003).

A partir de los resultados obtenidos en los estudios presentados (Crommentujin & Winberg, 2006; Sánchez & Sáenz, 2006a, 2006b; Westin, 2004; Amandine et al., 2005; Röber & Masuch, 2004) se han desarrollado entornos virtuales con los cuales los usuarios con discapacidad visual interactúan cumpliendo ciertos objetivos para resolver un determinado problema. La idea principal de estas herramientas es ayudarlos para que desarrollen metodologías para la resolución de problemas (Sánchez & Sáenz, 2006a, 2006b).

El mundo real está en constante movimiento y cambio, lo que genera un gran problema para los usuarios con discapacidad visual, quienes no logran ordenar el entorno con un abrir y cerrar de ojos, encontrando dificultades en su quehacer diario y autonomía. Se han diseñado aplicaciones que permiten que ciegos trabajen la metodología de resolución de problemas, pero a partir de problemas planteados por un facilitador (Sánchez & Sáenz, 2006a, 2006b; Westin, 2004). La pregunta que surge es ¿cómo apoyar la toma de decisiones de forma que la navegación de los ciegos en el mundo real sea más eficiente?

Este estudio plantea diseñar tecnología móvil para identificar la posición y orientación de personas ciegas en ambientes cerrados. Con ello, se pretende lograr un consenso en el uso de una tecnología que permita identificar la posición y orientación de personas en un espacio cerrado

(como un colegio, edificio u hogar) con la infraestructura necesaria, basándose en criterios económicos, de usabilidad, de confiabilidad y de accesibilidad, con el fin de que desarrolladores de interfaces para dispositivos PocketPC puedan definir tempranamente la tecnología a utilizar. En este contexto, se entiende tecnología como el conjunto conformado por el dispositivo PocketPC, él/los dispositivo(s) de comunicación inalámbrica(s), la interfaz de comunicación entre el software que interactúa con el hardware que proporciona los datos, y un modelo de comunicación entre los diferentes actores.

Justificación

En la interacción con el mundo real, además de conocer y representar mentalmente el espacio a recorrer o recorrido, es importante la interacción con los diferentes objetos que se distribuyen en el medio.

Según Kapić (2003), los usuarios con discapacidad visual deben tener acceso a incrementar su percepción del entorno por medio de: información acerca de cuáles son los objetos que se encuentran y a través de cuáles está recorriendo; anuncio de puntos de interés del recorrido; navegación a través de estos puntos de interés tanto en espacios abiertos como cerrados, por medio de ayudas provistas; y presentación de filtros de objetos según clasificaciones establecidas para identificar aquellos que se encuentran en el entorno.

Esta información que es clave para un usuario con discapacidad visual puede ser entregada de manera independiente con el uso de tecnología sólo si se conoce la posición de la persona en un determinado espacio. Si además se tiene acceso a la orientación de la persona, la información que puede entregarse puede ser mucho más específica, logrando una mayor independencia en el movimiento del usuario (Kapić, 2003).

La mayoría de las soluciones que buscan proporcionar información de posición y orientación para usuarios ciegos son dispositivos especialmente diseñados para dicho propósito (Vogel, 2003). Esto conlleva, principalmente, dos problemas: no ser un producto masivo (es de difícil acceso y pueden llegar a ser caros) y son soluciones cerradas (no dan cabida a poder ampliar la solución de manera sencilla, ya que el hardware que utilizan está hecho específicamente para cumplir una función predeterminada).

Estos dos problemas antes mencionados no son menores si se mira desde la perspectiva de un usuario ciego, y sobre todo desde un contexto nacional. Es difícil para nuestros ciegos acceder a comprar tecnología exclusiva que les permita ayudarlos en ciertos ámbitos de su quehacer, ya que supone altos costos y que no existen distribuidores de los productos. Más interesante es pensar en dar soluciones por medio de tecnología que se puede acceder desde una tienda normal de *retail* y comprarlo como cualquier otro producto, a precios de mercado y con la seguridad de que dichos dispositivos no sólo darán soluciones a un problema en particular, sino que pueden ser una gran ayuda en diferentes aspectos de su quehacer, aprender e incluso entretenimiento.

Por esto ha sido clave lograr un consenso de qué tecnología utilizar para identificar la posición y orientación de un usuario por medio de un dispositivo PocketPC, bajo parámetros económicos, de acceso y penetración en el mercado.

Hipótesis

La hipótesis que se quiere demostrar o refutar en este estudio es que es posible proveer de tecnología no exclusiva, es decir tecnología de fácil acceso y económica, de manera tal que permita entregar los datos de orientación y posición de una persona en todo momento y dentro de espacios cerrados, en donde un GPS no tiene acceso.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una solución basada en tecnología móvil para identificar la posición y orientación de personas ciegas en ambientes cerrados. Con ello lograr un consenso en la solución que permita identificar la posición y orientación de personas en un espacio cerrado (como un colegio, edificio u hogar) con la infraestructura necesaria, basándose en criterios económicos, de usabilidad, de confiabilidad y de accesibilidad. En este contexto, se entiende tecnología como el conjunto conformado por el dispositivo PocketPC, él/los dispositivo(s) de comunicación inalámbrica(s), la interfaz de comunicación entre el software que interactúa con el hardware que proporciona los datos, y un modelo de comunicación entre los diferentes actores.

Objetivos Específicos

Los objetivos específicos comprendieron los siguientes:

- Revisar tecnológicamente diferentes arquitecturas inalámbricas para resolver el problema de posición y orientación de la persona que está navegando en un espacio cerrado real.
- Formular un modelo de comunicación que considere a todos los actores involucrados para obtener la información requerida de posición y ubicación. Con este modelo se hace transparente la manera de utilizar la tecnología permitiendo su uso por desarrollo de software para dispositivos PocketPC.
- Desarrollar un sistema de prueba que permita mostrar en el dispositivo PocketPC la información obtenida de posición y orientación (para efectos de realizar pruebas).
- Evaluar la usabilidad de la aplicación de usuario final que le entrega al ciego la información acerca de posición y orientación de los usuarios.
- Revisar costos, confiabilidad y accesibilidad del sistema propuesto

Alcance

El sistema propuesto (PYOMSystem) consiste de una infraestructura basada en un dispositivo PocketPC con tecnología Wi-Fi tal que permita **identificar la posición y orientación de una persona ciega en un ambiente cerrado** (como un colegio, edificio, hogar e incluso cualquier construcción que cumpla con ser un ambiente cerrado) previa captura de datos del espacio de parte de un facilitador utilizando la parte del sistema PYOMDatos.

Este sistema funciona sólo en un dispositivo tipo PocketPC que tenga sistema operativo Windows Mobile 5.0 con framework 2.0 y con capacidad de conexión Wi-Fi.

El sistema propuesto no es capaz de entregar información acerca de objetos en el espacio que recorre el usuario ciego, así como dar cuenta de cambios en la distribución de estos en el espacio. Tampoco es parte de la solución mantener los datos actualizados de forma automática, estos deben ser capturados y cargados por un facilitador cada vez que se produzca un cambio importante de distribución en el espacio real. Para la carga de datos es necesario poseer un computador en donde procesar los datos tal de generar la información que utilizará posteriormente la aplicación PYOM. Por último, para un correcto funcionamiento del sistema propuesto se requiere tener instalado variados puntos de acceso de red Wi-Fi.

Agradecimiento

Esta tesis fue financiada por el Fondo Nacional para la Ciencia y Tecnología de Chile, Fondecyt, Project 1060797 and PBCT-CONICYT, Project CIE-05.

II. Antecedentes

Ciegos en el mundo

En la cultura humana el sentido de la visión es dominante siendo importante en muchos aspectos personales, profesionales y educacionales. Vestirse, moverse, encontrar objetos, todo es en base a la visión y para qué decir del acceso a la información. Esto último acontece principalmente porque la industria tiene interés económico en las soluciones que entrega, lo que deja fuera a la mayoría de las personas con discapacidades. Son muchas las personas ciegas en el mundo (~160 Millones), de acuerdo con Vanderheiden (1990), el 30% de los deficientes visuales que quieren trabajar están desempleados debido a que no tienen acceso a los equipos de trabajo. En particular en USA, la tasa de desempleados que tienen discapacidad visual llega un porcentaje de 74%, siendo el mayor grupo que no tiene trabajo (Kulkuyin et al., 2004). Según la información entregada por la Organización Mundial de la Salud se estima que en el mundo hay unos 45 millones de personas ciegas, siendo en los países industrializados cercano al 2% de la población. Este no es un porcentaje despreciable y estas personas deben ser atendidas (Jacquet, Bellik & Bourda, 2006).

Ciegos en el contexto nacional

Se entiende por discapacidad, deficiencia de las funciones y/o estructuras corporales, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación, indicando los aspectos negativos de la interacción entre un individuo y sus factores contextuales, tales como ambientales y personales. Entonces, una persona con discapacidad sería aquella que presenta deficiencias de sus funciones y/o estructuras corporales, provocando limitaciones en sus actividades y restricciones en su participación.

En nuestro país, según el decreto N°2505, de 1995, del Ministerio de Salud, se considera ciego legal a las personas que sufren alguna discapacidad visual que disminuye "...en a lo menos un tercio la capacidad del sujeto para desarrollar actividades propias de una persona no discapacitada, en situación análoga de edad, sexo, formación, capacitación, condición social, familiar y localidad geográfica. Las deficiencias visuales y auditivas se ponderarán, considerando los remanentes del mejor ojo u oído corregido el defecto". En general, deficiencia visual tiene que ver con tener problemas graves de visión ya sea de lejos o de cerca. El hecho que una persona utilice anteojos no necesariamente significa que es un deficiente visual.

En Chile, las personas que se declaraban tener deficiencia visual para el año 2004 alcanzaban a 634.906 (FONADIS, 2004). Esto equivale al 3,9% de la población total del país de dicho año (1 de cada 25 personas presenta deficiencias visuales). Para el año 2006, la encuesta Casen muestra que las personas que tienen discapacidad visual alcanzaban a 510.370, en que de estos 59,4% eran mujeres y 40,6% eran hombres (notar que la encuesta Casen no abarca el total de la población).

La Tabla 1 presenta el nivel de educación que alcanzan las personas con deficiencia visual en nuestro país, evidenciando que no es muy alto. 42,8% de las personas ciegas de nuestro país tiene estudios básicos incompletos, siendo un nivel de deserción muy grande, los que terminan sus estudios básicos sólo alcanza al 10,4% muy similar al porcentaje de personas que finalizan sus estudios de enseñanza media. Estudios superiores son alcanzados por tan solo 1,6% de las personas con discapacidad visual. Este bajo nivel de estudio concretado por las personas no videntes, arrastra deficientes oportunidades de trabajo que se refleja en la Tabla 2, en que 47,2% de las personas ciegas se dedican a realizar trabajo doméstico, porcentaje muy similar al porcentaje de las personas que no culminan sus estudios básicos (42,8%). El porcentaje de

personas que logran tener un trabajo remunerado es de 12,1%, sin embargo la encuesta no es clara acerca del nivel del trabajo remunerado pudiendo este ser de cualquier índole.

Nivel de Estudio Completado		
Sin estudios aprobados	54.638	8,6%
Educación básica incompleta	271.916	42,8%
Educación básica completa	65.948	10,4%
Educación media incompleta	97.516	15,4%
Educación media completa	85.991	13,4%
Educación técnica incompleta	2.953	0,5%
Educación técnica completa	2.867	0,5%
Educación profesional incompleta	6.917	1,1%
Educación profesional completa	3.926	0,6%
Educación universitaria incompleta	15.915	2,5%
Educación universitaria completa	11.949	1,9%
Educación diferencial	3.129	0,5%
Nivel de estudios ignorado	11.177	1,8%
TOTAL	634.906	100%

Fuente: FONADIS Chile, 2004

Tabla 1. Nivel de estudios de las personas ciegas en Chile.

Tipo de Actividad		
Ninguna actividad	97.727	15,4%
Sólo trabajo remunerado	76.627	12,1%
Sólo trabajo doméstico	299.689	47,2%
Trabajo remunerado y doméstico	111.888	17,6%
Sólo estudia	23.528	3,7%
Trabajo remunerado y estudia	500	0,1%
Trabajo doméstico y estudia	21.520	3,4%
Trabajo remunerado, doméstico y estudia	3.428	0,5%
TOTAL	634.906	100%

Fuente: FONADIS Chile, 2004

Tabla 2. Actividades realizadas por las personas ciegas en Chile.

El 15% de personas con deficiencia visual no realiza ningún tipo de actividad, mientras que prácticamente la mitad hace sólo trabajo doméstico. Independiente de estas cifras, la mayoría de las personas que presentan deficiencia visual pertenecen a un nivel socioeconómico medio-bajo, y un pequeño porcentaje a uno alto. Ello podría implicar que para comprar tecnología, ellos lo harían por medio de compras a crédito en casas comerciales tradicionales (Figura 1).

En nuestro país el 56% de las personas con deficiencia visual declara que le afecta mucho su problema de visión. Sólo un 6,9% de la población ciega dice que su problema de visión no le afecta en nada. Este afecto en su diario vivir se traduce en que un alto porcentaje de estas personas presentan dificultades para la recreación y descanso. En los estudios, 55,3% de las personas que están en edad de estudiar, declara causarles problema en sus estudios el ser ciego (Tabla 3).

Del total de las personas no videntes, 7.310 señalan que utilizan un bastón guiador para desplazarse, equivalente al 1,2%. En cuanto al uso de tecnologías, este es muy reducido, 8,3% dicen ocupar el computador, pero sólo 4,1% declara navegar por Internet.



Fuente: FONADIS Chile, 2004

Figura 1. Gráfico de la condición socioeconómica de las personas ciegas en Chile, dividida de forma global en tres sectores

Dificultad en el Desempeño de Tareas

	Recrearse		Participación		Estudios (mayores de 5 años)	
	[H]	[%]	[H]	[%]	[H]	[%]
Ninguna dificultad	95.474	15	238.167	37,5	3.857	0,6
Poca dificultad	254.494	40,1	206.951	32,6	14.010	2,2
Mucha dificultad	270.306	42,6	174.648	27,5	31.016	4,9
Extrema dificultad	14.632	2,3	14.944	2,4	92	0
No corresponde ¹	0	0	196	0	585.931	92,3
TOTAL	634.906	100%	634.906	100%	634.906	100%

¹Se aplica cuando la persona no realiza la actividad mencionada o cuando no se encuentra en el rango de edad especificado.

Fuente: FONADIS Chile, 2004

Tabla 3. Dificultad que genere su discapacidad en las personas ciegas para recrearse, participar y estudiar en Chile.

Inclusión e Integración Social

La visión puede ser considerada como el sentido dominante dentro de la especie humana (Rodrigues, 2006). Prácticamente la mitad del área física del cerebro está dedicada a este sentido, mientras que cerca de un 70% de su capacidad de procesamiento de información es utilizado para estímulos visuales (Rodrigues, 2006). Además del aspecto mecánico, existe una completa influencia de la visión para como describimos el mundo.

Para la mayoría de los usuarios con discapacidad visual la mayor barrera para incrementar su calidad de vida es la imposibilidad de moverse libremente. Esta complicación les niega a estos usuarios un acceso igualitario a recintos, edificios, medios de transporte, e incluso al trabajo (Kulyukin, 2004). Por ello existen algunas iniciativas que buscan otorgar accesibilidad a las personas con discapacidad visual, tratando de equilibrar sus grados de autonomía. El proyecto de accesibilidad de nombre GAP (GNOME Accessibility Project) (Benson et al., 2002) establece que proveer accesibilidad es remover barreras que impiden a personas con discapacidad participar de variadas actividades sociales, incluyendo el uso de servicios, productos e información.

Por décadas el paradigma de la rehabilitación de la discapacidad y los enfoques biomédicos han centrado sus esfuerzos prioritariamente en la provisión de servicios en pro de incluir e integrar a las personas con discapacidad. Hoy en día, si bien esto sigue, además de buscar los accesos justos y oportunos se levanta un enfoque que promueve la autonomía de las personas con discapacidad,

reforzando el hecho de que son personas y tienen derechos por vivir en nuestra sociedad. Es importante considerar que la participación de las personas en la sociedad conlleva el grado de implicación de la persona. Implicación que significa ser parte en diferentes actividades de la vida, siendo aceptado o teniendo los recursos necesarios (Fonadis, 2004).

La presencia de una restricción en la participación de una persona es determinada por la comparación que se pueda hacer frente a la participación de otra persona, o referente a un estado de salud (enfermedad, trastorno, daño, etc.). Las actividades en que se considera participación de las personas son: aprendizaje y aplicación del conocimiento, tareas y demandas generales, comunicación, **movilidad**, auto cuidado, vida doméstica, interacciones y demandas interpersonales, áreas principales de la vida, vida comunitaria, social y cívica (Fonadis, 2004).

Dispositivos móviles y ciegos

Si la meta es enfrentar problemas del usuario ciego en el contexto de la orientación y movilidad, surge la idea de utilizar tecnologías relacionadas con la movilidad. Las tecnologías computacionales de apoyo a la enseñanza y al aprendizaje han sido tradicionalmente computadores de escritorio para acceder a recursos de aprendizaje (Csete, Wong & Vogel, 2004). En la actualidad han surgido los conceptos de móvil y movilidad, que tienen un fuerte enlace con las nuevas tecnologías inalámbricas. La mayoría de las veces un trabajador móvil es concebido como una persona que se mueve y ejecuta tareas en cualquier lugar en cualquier momento, usando dispositivos móviles con tecnología inalámbricas de comunicación (Neyem et al., 2006). Estas nuevas tecnologías de dispositivos móviles proveen de oportunidades para nuevos tipos de apoyo para la enseñanza y el aprendizaje de contenidos específicos y habilidades cognitivas. Estos dispositivos se están convirtiendo en parte del recurso tecnológico personal de cada estudiante, con la gran ventaja que están disponibles en cualquier momento y en cualquier lugar (Csete, Wong & Vogel, 2004; Sánchez & Salinas, 2008; Neyem et al., 2006).

En general de la experiencia de utilizar dispositivos móviles tipo PocketPC de parte de usuarios ciegos, estos no tienen problemas (Kapić, 2003) ya que las pueden ocupar en un ambiente abierto y en movimiento es colgada al cuello, y así manteniendo las manos libres buena parte del tiempo, excepto cuando es necesario ocupar la interfaz (Sánchez, Aguayo & Hassler, 2007). En este mismo contexto es necesario utilizar audífonos para transmitir la información audible al usuario. Es importante considerar que en un ambiente real el audio debe ser otorgado por medio de sonido monofónico, por el hecho de que a los usuarios les sirve también obtener información del medio, lo que es posible dejando libre un canal de audio.

Para las personas ciegas se deben considerar las ayudas técnicas (lector de pantalla o magnificador de pantalla) que hacen que un dispositivo PocketPC le sea accesible. Se debe tener en cuenta que estas ayudas pueden ser diferentes según sea un dispositivo móvil o uno de escritorio.

Un lector de pantalla o revisor de pantalla es un programa o aplicación software que se instala en el móvil o la PDA y le permite al usuario emplear el dispositivo sin necesidad de que aquél pueda leer lo que aparece en la pantalla (Thomas, Schott & Kambouri, 2004). El programa se encarga de convertir en voz la información presente en la pantalla, mediante un conversor de texto a voz y un sintetizador de voz, y hacer que el usuario la escuche a través del altavoz del teléfono o de un auricular conectado al teléfono. Además, si el usuario conecta un dispositivo externo que pueda presentar la información en formato Braille sobre la marcha (una "línea

Braille") (Raman, 1998), el lector de pantalla también permite que la información se presente en este dispositivo, tanto de manera alternativa como complementaria a la voz. El lector de pantalla presenta la información generada por cualquier otro de los programas que estén instalados en el terminal, concretamente, presentará la información del navegador web y ayudará al usuario a rellenar formularios. Los principales beneficiarios del uso de un lector de pantalla son las personas ciegas y sordo ciegas (a través de la línea Braille); pero también las personas con baja visión, las personas disléxicas y aquellas cuyas tareas les impiden desviar su atención hacia la pantalla se benefician de su uso (Raman, 1998; Terdiman, 2004).

Un magnificador o ampliador de pantalla (o lupa software) es un programa o aplicación software que se instala en el móvil o la PDA y le permite al usuario ver los contenidos de la pantalla a un tamaño mayor del original (Stanley & Karshmer, 2006). El programa se encarga de aumentar el tamaño de lo que aparecería en la pantalla, de manera que una pequeña sección ocupe la pantalla entera; a la vez que se mantiene la calidad de lo que se presenta. Además, el programa utiliza distintas técnicas para permitirle al usuario "moverse" por la pantalla (es decir, cambiar la porción de pantalla ampliada), variar la ampliación de una zona, etc. Los principales beneficiarios de los magnificadores de pantalla son las personas con baja visión, así como aquellas personas que estén desarrollando tareas en condiciones de baja visibilidad. El pequeño tamaño de las pantallas de los terminales móviles hace que sea una práctica común emplear textos pequeños, por lo que la posibilidad de ampliar su contenido es más importante para estos usuarios, si cabe (Terdiman, 2004).

Formas de orientación y movilidad

Es interesante conocer la forma en que las personas se orientan y ubican al momento de desplazarse. En los trabajos de Bradley y Dunlop (2002a, 2002b) se identifican cómo las personas con visión normal y los deficientes visuales utilizan diferentes puntos de referencia (Tabla 4)

Clase de Información Contextual	Ejemplo	% de uso (vidente)	% de uso (ciego)
Direcciones	Izquierda/derecha, norte/sur	37,4	30,1
Estructuras	Entrada, Monumento, Reja	11,5	20,1
Ambientales	Montaña, río, árbol	1,6	2,9
Textual/Estructuras	Librería N, Zapatería N	9,9	1,2
Textual/Lugar	Río N, Playa N	15,6	2,7
Numéricas	Primero, segundo, X metros	5,0	7,5
Descriptivas	Alto, difícil, rojo	10,8	23,8
Temporales	"Antes de...", "Justo antes de doblar..."	8,2	5,1
Sensoriales	Sonido del tren, ruido del paradero	0,0	4,4
Movimiento	Vehículos en movimiento, puertas que se abren y cierran	0,0	0,8
Interacción Social	Pidiendo ayuda, usando un perro guía, consultando	0,0	1,4

Tabla 4. Clases de información contextual utilizada por personas videntes y no videntes

Por un lado, los métodos más utilizados por las personas videntes son las direcciones y estructuras que sirven de referencia. Los no videntes utilizan el mismo que los videntes (direcciones), pero el segundo método, dado que guiarse por las estructuras es netamente visual, varía por referencias descriptivas (Figura 2).

Considerando las dificultades que se tienen para recolectar datos y el nivel de preparación que se debe tener para un desplazamiento independiente, se debe considerar muy bien la información que debe entregar un sistema que de orientación y ubicación. Para esto Ienaga et al., (2006)

hicieron una encuesta en 50 personas ciegas con la pregunta de cuál es la pista que utilizan cuando se desplazan por la ciudad, en que se consideraron diferentes posibilidades como: ruta, dirección, si tiene o no tiene vereda, estado de los cruces, señales de tránsito, entorno alrededor de los caminos, condición de las veredas, largo del camino, señales de tránsito con audio, segmentos de pavimento texturizados, superficie del camino, señales en el camino y ancho del camino (Tabla 5).

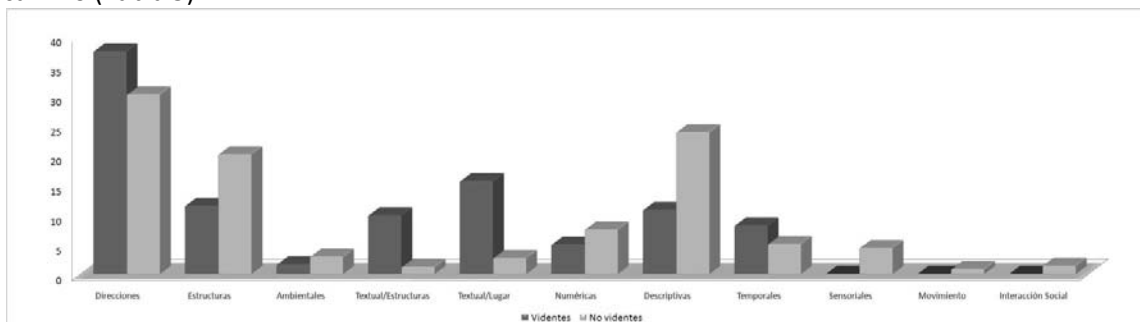


Figura 2. Gráfico de preferencias de clase de información contextual que más utilizan las personas no videntes y videntes.

Clase de Información		Frecuencia	Clase de Información		Frecuencia
General	Ruta	45	Táctil	Textura del pavimento	47
	Dirección	41		Superficie del camino	40
	Con o sin vereda	37		Señales en el camino	35
	Estado de los cruces	42	Olfativa	Olores particulares	40
	Señales de tránsito	43		Visual	Línea blanca
	Entorno alrededor de los caminos	35	Tipo de pavimento		8
	Condición de la vereda	37	Otros		Luces del camino
	Ancho del camino	29		Viento	29
	Largo del camino	37		Sol	29
Audio	Sonido de vehículos	41			
	Sonido particular	39			
	Señales de tránsito con audio	47			

Tabla 5. Resultado de la frecuencia de información utilizada en 50 personas no videntes.

De la encuesta se desprende que el dato más utilizado es la textura del pavimento y las señales de tránsito con audio, siendo una háptica y la otra audible, lo que denota que la información de señales audible es importante en su navegación. Además de esto, a los usuarios ciegos se les hizo un par de actividades. La primera consistió en elegir de un listado, 5 informaciones que ellos consideran que no son necesarias y 5 necesarias para un caminar independiente. En la segunda debieron seleccionar 4 datos necesarios e innecesarios del ambiente para lograr un desplazamiento independiente.

En los resultados presentados en la Figura 3 se destacan como imprescindibles la información de dirección, si el camino tiene o no vereda, si hay o no señales de tráfico, si tiene o no dispositivo de audio y el largo del cruce peatonal. Lo que es totalmente imprescindible es el ancho del camino, la posición del pavimento con textura en el camino, el tipo de audio de la señal de tránsito, la posición del dispositivo de audio y la sensación del camino.

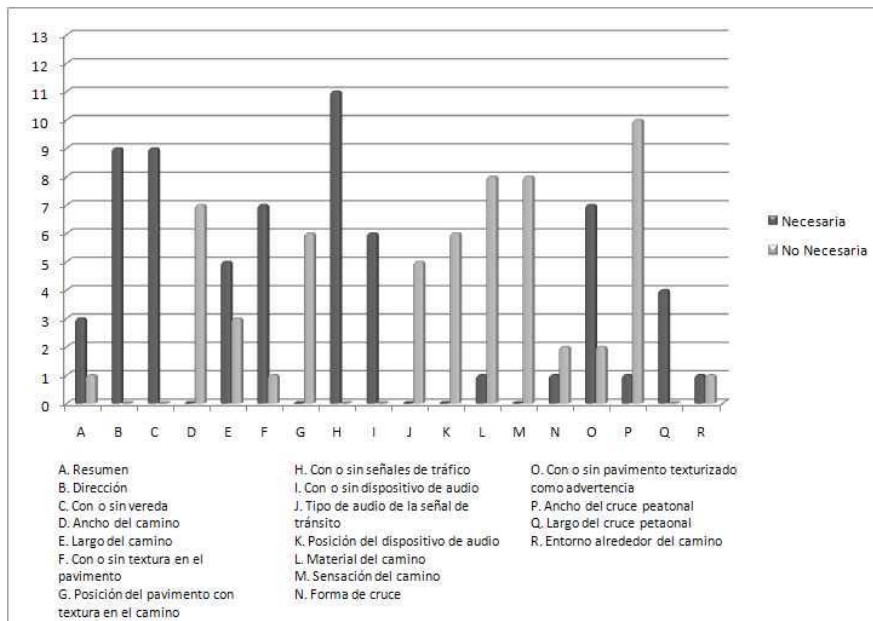


Figura 3. Resultado de la actividad 1

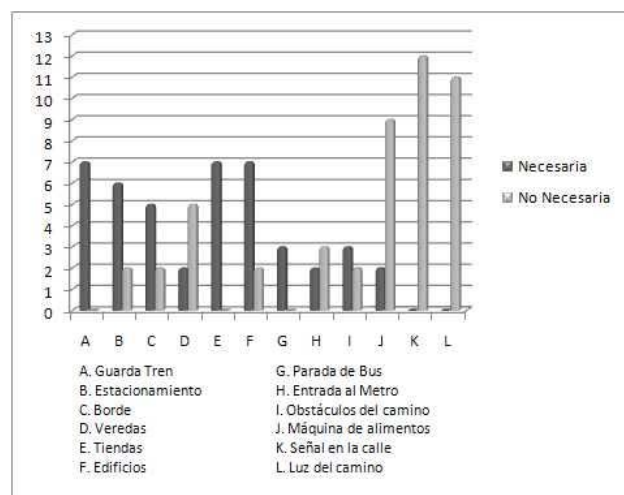


Figura 4. Resultado de la actividad 2

Los datos innecesarios del ambiente para lograr un desplazamiento independiente claramente son la señalética de la calle y las luces del camino, pistas completamente visuales que no aportan nada a un usuario no vidente. Un ítem que llama la atención es la marca de la vereda en que los usuarios la consideran más innecesaria que necesaria. Datos que se consideran completamente necesarios son el guarda tren y las tiendas. El guarda tren es un dato que más bien fuera de lo común, ya que permite representar un espacio más bien específico del ambiente, sin embargo las tiendas son una fuente de puntos clave que pueden permitir generar una representación del ambiente bastante clara. Datos que resultaron más o menos indiferentes son las entradas del metro y los obstáculos del camino, estos pueden resultar un tanto innecesarios por lo dinámico que puede llegar a ser dicha información (Figura 4).

Movilidad de los ciegos

La movilidad es esencial para el ser humano y en general para las especies, ya que dependemos de ella para poder sobrevivir. Esta es una habilidad esencial en nuestro quehacer diario, y está fuertemente ligada a la autonomía que puede tener un individuo.

La mayor parte de la información disponible para moverse corresponde a pistas visuales, siendo estos, carteles, señalizaciones, locales comerciales o paradas de buses. Es raro contar con información de modo alternativo y que sean accesibles a otros sentidos como la audición o el tacto. De esta forma las personas no videntes están en desventaja en relación con las personas videntes.

En la interacción con el mundo real, además de conocer y representar mentalmente el espacio a recorrer o aquél recorrido, es importante la interacción con los diferentes objetos que están distribuidos en el medio ambiente circundante. En este sentido los usuarios con discapacidad visual describen sus rutas con mucho mayor detalle que las personas videntes. En particular los que son completamente ciegos tienden a entregar mucho mayor detalle de las rutas que recorren.

Uno de los mayores problemas que tienen estas personas al moverse es que están restringidos a un mismo espacio siempre, ya que cambiar de ruta o desviarse del camino puede ser peligroso para su integridad y confundirlos impidiendo que puedan retomar su ruta. En consecuencia, los usuarios ciegos están limitados a seguir rutinas de movimiento y negados a explorar nuevos lugares (Jacquet, Bellik, Bourda, 2006).

Para describir un ambiente los usuarios no videntes utilizan paredes, barandas, y objetos relevantes, en particular relieves del entorno que permitan ubicarse en un entorno, y definirles una dirección. Otros objetos importantes usados para describir un ambiente son lugares con sonidos especiales que pueden provenir desde objetos específicos (una fuente de agua o algún local en particular) o bien por la configuración del piso (fin del pavimento, cambio del tipo de material, e incluso alguna falla).

Básicamente el problema de navegación¹ se puede traducir a dos grandes aspectos (Probert et al., 1996), uno corresponde a moverse en un ambiente conocido, y el otro es moverse en un ambiente desconocido. En el conocido, la navegación se puede basar en marcas, o zonas que son reconocibles por el usuario, lo que le ayuda a orientarse. En un ambiente desconocido, el nivel de detalle debe ser mucho mayor, con el fin de que el usuario se pueda armar un esquema mental del ambiente que está recorriendo, y en base a esto pueda tomar decisiones.

El mayor problema que tienen los ciegos es determinar su posición en el entorno, saber hacia dónde está direccionada su cabeza, o la dirección de los movimientos de su cuerpo, y la pérdida de información acerca de objetos importantes del ambiente, como la distancia a la que se ubican, tanto en la cercanía o en la lejanía (Hub et al., 2004). En este contexto cualquier información acerca de las cualidades de los objetos puede ser importante y relevante para una persona con discapacidad visual. En un entorno cerrado, el desconocimiento de la estructura o la distribución de los objetos podrían llegar a ser un gran problema para poder moverse libremente. Por ejemplo,

¹ Relacionado con la habilidad de moverse en un ambiente. Esta navegación puede ser relacionada a través de rutas pre planeadas como la utilización de mapas con conocimiento anterior. La navegación depende del conocimiento respecto de los objetos u obstáculos próximos que se encuentren en el ambiente, como escaleras o puertas (Blasch et al., 1997).

una vez que la persona no vidente logra encontrar la entrada principal de un edificio que visita por primera vez, después viene la tarea de ubicar los accesos a los diferentes pisos, y poder llegar al específico, considerando además que debe ubicar la habitación correcta.

En general el peatón no vidente tiene problemas, no menores, con las escaleras, los desniveles, ascensores, puertas giratorias, puertas automáticas, todo esto puede llegar a causarle heridas al momento de desplazarse. Además de esto, los ciegos prefieren movilizarse de forma perimetral, y no al centro de una habitación, esto dado porque es más sencillo seguir la ruta con el tacto en la pared, ubicando los accesos con mayor facilidad, teniendo una ruta que no tendrían al moverse por otros espacios. Conocer el tamaño de la habitación no es sencillo, y es un dato muy útil para poder ubicarse, generalmente este dato es conocido por medio del eco que se pueda generar ya sea hablando o bien un aplauso. Cuando la persona no vidente tiene más tiempo para recorrer, y le dedica tiempo a conocer y moverse por el edificio está dispuesto a escuchar descripciones, y poder identificar detalles que le permitirán una navegación más precisa.

Una forma de conocer distancias es por medio de contabilizar los pasos desde un punto a otro, otra forma son marcas del entorno, que pueden ser desniveles, objetos, cambios de texturas o intersecciones de pasillos. Un aspecto muy importante que es desconocido para los usuarios no videntes es el nivel de riesgo que tiene al moverse en una determinada ruta, no poder identificar situaciones críticas además de otras personas.

En general en un ambiente familiar, un usuario con discapacidad visual puede tener una navegación convencional, ya que conoce el ambiente que le rodea, o bien porque las ayudas son las adecuadas. En un ambiente cerrado que no es familiar, la experiencia puede ser compleja y completamente no determinística (Kulkuyin et al., 2004). Ejemplos de esto pueden ser un aeropuerto, un hotel o un edificio corporativo. Estos ambientes desconocidos son ideales para otorgar una ayuda autónoma. En particular, los perros guías y el bastón son limitados en ambientes complejos principalmente porque no entregan información acerca de su distribución, acerca de aspectos topológicos, y en consecuencia no pueden guiar al usuario en elegir la mejor ruta posible a un cierto destino. Existen ciertos obstáculos que no son identificables utilizando un bastón.

III. Trabajo Relacionado

Desarrollos para determinar la posición de personas

GPS

La forma más popular para obtener la posición de un determinado objeto es usando información disponible inalámbricamente como con los dispositivos GPS. Alternativamente a esto, una red se puede utilizar como fuente de información para calcular y obtener una posición. Por ejemplo, en una red de telefonía celular el operador puede usar las diferencias de tiempo que tarda en llegar una señal a diferentes estaciones base, y con ello estimar la posición del teléfono celular y por consiguiente del cliente (Roussos, 2002). Una forma más efectiva de conocimiento de la posición del usuario, es por medio de mezcla de mecanismos, en que un dispositivo como el GPS puede cooperar en conjunto con una red. Un ejemplo de esto es el *ambientGPS* (aGPS) (Sánchez et al., 2007) que utiliza la tecnología móvil en conjunto con GPS, permitiendo obtener información más precisa de la localización del usuario.

Una implicancia directa del uso de ambas tecnologías es que cuando se hacen cálculos por medio del dispositivo, como el uso de GPS, la información es privada y todo es a nivel local. Cuando se hace uso de una red como la celular, los cálculos ya no son privados y la información de posición del usuario es un dato que debe ser protegido por terceros, teniendo un porcentaje de riesgo. En particular, la información de la posición de los usuarios en una red celular puede ayudar a mejorar la red, así como sacar provecho del comportamiento del cliente para efectos comerciales.

Cuando un dispositivo utiliza elementos anexos el consumo de energía aumenta, esto se aprecia claramente al utilizar dispositivos GPS en un celular en la vida de la batería se puede reducir de días a horas, principalmente por los cálculos complejos que necesita calcular.

RFID

En el trabajo de Abowd et al. (2000) se presenta una matriz de antenas RFID ubicadas en el piso. El tag RFID es transportado por la persona, el que puede ir en el zapato o cercano al nivel de piso. En este tag se almacena un ID único de la persona. La matriz RFID se coloca en ubicaciones conocidas dentro de un espacio cerrado, en particular dentro de una casa. El sistema permite entregar la ubicación de la persona pero no la orientación. El sistema además está provisto de cámaras de video en el techo las que permiten mostrar el entorno en cuestión. El sistema trabaja en base a un marco de referencia, por medio del cual es capaz de conocer la posición de forma relativa, interpretando la geometría del espacio y los datos obtenidos por la tecnología. En este mismo trabajo se presenta un *framework, Location Service*, que permite fácilmente generar un software de ubicación. El *framework* trabaja bajo la premisa que son tres las actividades que se deben hacer para que el sistema funcione: (1) Recolectar los datos obtenidos desde diferentes tecnologías; (2) Clasificar los datos recolectados identificándolos según diferentes objetos del entorno; y (3) Monitorear los datos por medio de un mecanismo sencillo y extensible de consulta.

Para localizar objetos en espacios interiores y en exteriores no se puede ocupar la misma tecnología (Caballero, 2005). Para espacios exteriores, tales como el barrio, la ciudad o la plaza, se utiliza tecnología GPS, pero esta tecnología no es apta para espacios cerrados tales como subterráneos y edificios. Estas limitaciones implican buscar tecnologías alternativas que permitan obtener de manera sencilla la posición de una persona en espacios que el GPS no cubre.

Legoland (Wexler, 2004), un parque de entretenimientos de los juguetes Lego, ofrece el sistema *Kidspotter*. Este sistema propietario consiste en que los padres utilizan un mapa del parque, mientras que sus hijos usan una pulsera con capacidad Wi-Fi y RFID. Si los niños se pierden de la vista de sus padres estos últimos pueden enviar un mensaje de texto al sistema *Kidspotter*, el cual les devuelve información del sector del parque y las coordenadas en que se encuentran sus hijos. Con esta información los padres pueden ubicarlos en el mapa facilitado.

Kantor & Singh (2002), plantean un sistema en donde, conociendo la ubicación de un tag RFID, el sistema es capaz de calcular el tiempo que demora la información en llegar desde el TAG al dispositivo receptor. Con esta información es posible conocer la distancia que se tiene del tag.

El concepto de Piso Inteligente (Orr & Abowd, 2000) consiste en que por medio de sensores, este es capaz de localizar la ubicación del usuario. Estos pisos corresponden a pisos que están habilitados de sensores específicos tal que puedan transmitir información del usuario o al usuario. Son capaces de ubicar al usuario por medio de tecnología RFID, y hacer seguimiento de estos. También se puede determinar la ubicación de ciertos objetos por medio de sensores de peso ubicados en el piso. Este sistema supone una representación completa del espacio en donde se quiere conocer la ubicación de las personas o de los objetos. El problema de este sistema es que depende fuertemente de la mecánica que permite que los sensores detecten movimiento, identificando patrones de caminar de diferentes usuarios.

El sistema *Location Identification base on Dynamic Active RFID Calibration (LANDMARC)* presentado por Ni et al. (2003) utiliza la idea de tener tags extras que ayuden a la calibración del sistema. Estos tags de referencia sirven de puntos de referencia en el sistema. Este sistema tiene tres ventajas:

- No necesita tener un gran número de lectores tags caros, en vez de esto utiliza tags extras económicos.
- La dinámica del ambiente puede ser fácilmente abordada. Los tags extras son referencias que no van a cambiar en la medida que cambia el ambiente, estos funcionan de igual forma que las referencias que definimos en nuestra vida normal.
- La información de la ubicación es más exacta y confiable. Este sistema es más flexible y dinámico y puede ser más preciso que un sistema de ubicación en tiempo de real. La ubicación de los lectores y de los tags de referencia es esencial en el sistema para la obtención de precisión del mismo.

El sistema LANDMARC no requiere información de la potencia de la señal desde cada uno de los lectores de tags. Los lectores sólo reportan el nivel de potencia desde el tag detectado (que va desde 1 a 8). Sin embargo, esto puede funcionar solamente en un espacio abierto ya que el nivel de potencia es dinámico y se hace difícil manejarlo en un ambiente *indoor*. Para un ambiente *indoor* se debe determinar algún algoritmo que refleje las relaciones de señal que se den según niveles de potencia.

WI-FI

World Explorer (Kapić, 2003) consiste en un proyecto del Institute for Pervasive Computing by Felix Röthlisberger. Este sistema cuenta con tres partes importantes: un sistema de posicionamiento, una aplicación para la navegación y una interfaz que permite la interacción. Para poder calcular la mejor ruta para llegar a un cierto destino, el sistema debe conocer la ubicación

de la persona en todo momento. El sistema propuesto, utiliza la potencia de señal Wi-Fi en conjunto con la información topológica de la habitación. La aplicación de navegación, utiliza el algoritmo de Dijkstra² para proporcionar la ruta más corta entre un punto de origen y otro de destino. La forma de obtener el grafo para el cálculo es dividir el mapa en celdas que sirvan de puntos del grafo. Finalmente la interfaz de interacción consiste en un texto hablado, que debe ser corto, claro, conciso, y principalmente entendible en un medio ruidoso. Este sistema utiliza tecnología de comunicación.

El caso particular de los ciegos

Desde hace ya bastante años que se han diseñado y desarrollado aparatos que permiten detectar objetos a distancia para usuarios ciegos, que principalmente se basan en tres principios: (A) Transmisión de sonido de orientación audible, (B) transmisión de sonido ultrasónico y (C) uso de células fotoeléctricas (Juurmaa, 1973). Cada uno de estos principios implica ciertos problemas. El primero tiene el problema de las variaciones posibles que pueden tener los sonidos percibidos, en que a distintas amplitudes del mismo no es fácil lograr identificar el origen de la fuente sonora. El segundo método, muy utilizado por diversos animales en la naturaleza, claramente necesita de un aparato que logre decodificar la información, ya que trabaja en decibeles que el oído humano no puede percibir, no siendo esta una limitante. Sin embargo, no es trivial lograr de manera sencilla y con un aparato portátil, un barrido del espacio que se necesita identificar. En el último método, las diferencias de luz obtenidas son transformadas en audio, el que debe ser aprendido y entendido por el usuario ciego. Si bien también se pueden transformar en sensaciones táctiles, muchos ciegos padecen de diabetes, lo cual merma su capacidad del tacto.

Na (2006) en su trabajo presenta un sistema de nombre BIGS (Blind Interactive Guide System) para que las personas ciegas se puedan desplazar dentro de un edificio. El sistema BIGS consiste de dos partes: a. un piso inteligente de grilla con tags pasivos RFID, los que transmiten un ID único; y b. Una terminal portátil embebida con un lector RFID, que recibe los datos de los tags pasivos y genera información de ubicación de la persona. Este método utiliza además una representación previa del entorno y la ubicación de los diferentes tags en el piso. Además de esto, el sistema puede ocupar tecnología Wi-Fi para que el personal de seguridad del edificio pueda monitorear constantemente los movimientos y la ruta efectuada por el usuario.

Una navegación asistida por medio de un robot (Kulkuyin et al., 2004) es una opción que existe para los usuarios no videntes. Esta tecnología permite una navegación libre de cables: el usuario puede interactuar de maneras impensables respecto de otras guías como perros o bastones, es decir, a través de instrucciones, teclado y audio. El robot puede interactuar con otras personas del entorno recorrido, proporciona espacios para transportar objetos y finalmente, su uso no es excluyente del uso de otras guías como perros y el bastón.

El movimiento del robot debe cumplir tres condiciones que son fundamentales: no debe poseer movimientos bruscos; se debe trasladar a una velocidad promedio de 0.7m/s, que corresponde a la velocidad de caminata de un ser humano; y debe poder identificar obstáculos.

² El algoritmo de Dijkstra sirve para encontrar el camino más corto desde un punto origen a otros puntos definidos. Se modela la distribución de los puntos por medio de n vértices en un grafo dirigido y con pesos en cada camino que unen a los vértices. Con esta información, el algoritmo básicamente explora todos los caminos desde el punto origen detectando el camino más corto que recorra todos los vértices.

Para la detección de obstáculos, el robot calcula los espacios vacíos del entorno. La dirección que toma el robot corresponderá al mayor espacio vacío que encuentre, así si dicho espacio se encuentra en frente de él seguirá avanzando, mientras que si el espacio se encuentra, por ejemplo, a su derecha, girará a la derecha y avanzará por esa vía. Esta ruta permite seguir la ruta por pasillos, evitando las paredes, y los obstáculos que pueden encontrarse. El mayor problema que tiene este sistema es que no es capaz de detectar una ruta si el camino está bloqueado. En una situación así, el robot disminuirá su velocidad para no chocar con el obstáculo, y luego empezará a buscar un espacio vacío diferente por donde venía, quedando atrapado en el lugar.

Los lectores de RFID de la serie TI 2000 ocupados en el robot se conectan a una antena cuadrada de 20 x 20 centímetros. Junto con esto los tags, correspondientes a TI RFID Slim Disk, son ubicados en una pared, o bien en cualquier objeto perteneciente al ambiente. En particular, estos tags no necesitan de energía externa ni tampoco estar ubicados en línea con el lector para ser detectados. Los tags TI son activados por medio de un campo electromagnético esférico que es generado por la antena de RFID, en un radio de 1.5 metros. Para efectos de una identificación precisa, a cada tag se le debe asignar un ID único.

A través de sonido y tacto se ha desarrollado una interfaz que permite presentar al usuario no vidente, pistas para moverse en un entorno (Probert et al., 1996). El trabajo consiste principalmente en un sistema de múltiples sensores para asistir a usuarios no videntes en su movimiento en un ambiente urbano o un edificio. Para entregar información acerca de los obstáculos que pueden estar a nivel de piso se utiliza ultrasonido, además de esta información se entregan datos del entorno que le permitan al usuario orientar su ubicación y localización.

Un sistema de grilla para conocer la ubicación y proximidad de un usuario en un ambiente sobre la base de un enfoque basado en tecnología RFID con un lector integrado en un zapato del usuario, el que se puede conectar vía Bluetooth a la PDA o al celular del usuario (Willis & Helal, 2005). Principalmente la grilla consiste en un grupo de dispositivos RFID (tags) que se ponen en la alfombra, los que pueden indicar, respecto a la posición del individuo, una descripción de los objetos próximos o del lugar donde se encuentran, como por ejemplo, el nombre de un edificio, el número de una habitación, la ubicación del baño, el tipo de puerta o la descripción de las escaleras.

La idea es poder conocer la ubicación de los objetos dentro de la habitación. Junto con esto es necesario determinar la orientación en que el usuario se desplaza. Para determinar la orientación o el ángulo relativo a los ejes, el usuario necesita tocar dos puntos con un marco de referencia a su cuerpo. Esto se puede lograr barriendo de izquierda a derecha, o viceversa, con el bastón ubicando dos tags en cada extremo, ubicando el punto medio entre ambos tags. La perpendicular al punto medio nos dirá su orientación. Basado en la orientación del sistema se puede calcular la dirección y la distancia a los objetos en la habitación. El espaciado y distribución encontrada por los tags dependerá de la precisión que puede entregar el sistema.

Otro sistema similar presentan Amemiya et al. (2004) con una grilla de 1.2 metros, espacio en que se distribuyen tags RFID activos. Estos tags activos tienen una batería que permite una transmisión de señal mucho más potente que los tags pasivos. La frecuencia en que transmiten estos tags corresponde a 303.825MHz, lo que da un muy buen rango de lectura. Con cada tag transmitiendo su ID, la posición del usuario es determinada por un promedio calculado respecto de cada tag detectado.

El sistema desarrollado por Ran et al. (2004), Drishti, utiliza una combinación de GPS para una navegación en el exterior, y sensores ultrasónicos para la navegación interior. Un problema que atañe a los GPS es que la ubicación puede sufrir errores en su medición debido a que el clima está nublado, o bien a que el usuario se encuentra rodeado de edificios de gran magnitud. El usuario requiere andar con dos sensores ultrasónicos que reciban las señales que son transmitidas desde diferentes puntos de las habitaciones. Con esta información se puede detectar la ubicación de los usuarios, previa conexión a un sistema GIS o bien a una base de datos que pueda realizar el análisis correspondiente.

El color es una cualidad importante para los objetos y es una información requerida por las personas no videntes, a pesar de que ellos nunca han visto los colores. Esto es dado que el color es un aspecto recurrente en conversaciones cotidianas de ropa, clima, comida o tráfico. Esta cualidad en particular no es accesible por medio de otro sentido, como lo son el tamaño, forma y textura, sólo se puede conocer por medio de la visión.

Muchos objetos y materiales se pueden asociar a un rango de colores, como el color de la piel, metales y las frutas. Con tecnología de reconocimiento de patrones puede ser posible detectar estos objetos por medio del color. Existe un dispositivo hecho por Hub et al. (2004) que detecta colores, en sí consiste de un notebook y una cámara de video. La cámara permite al usuario ciego buscar objetos en su entorno. Para el procesamiento se debe seleccionar una zona, lo que se hace presionando una tecla en el notebook.

Es necesario tener más información de los objetos, conociendo la distancia y la resolución de la imagen capturada se puede sacar información acerca del ancho y la profundidad del objeto. Hecho esto, es posible decirle al usuario ciego no sólo el color del objeto, sino además información acerca de su tamaño, y su posición relativa a la persona. Al ser toda esta información dinámica, se puede utilizar un motor *Text-To-Speech* para transmitir los mensajes.

Active Bat (Harter et al., 1999) es capaz de detectar objetos en un radio de 9 cm, y con un error del 5%. Para que estos sistemas funcionen bien, es necesario que la infraestructura tenga un muy buen detalle. Este sistema es muy caro y por lo tanto excluye a muchas personas ciegas que quisieran utilizarlo.

PONTES (Pressl & Wieser, 2005) es un sistema de ubicación y navegación en un ambiente urbano para usuarios no videntes. Este sistema ha sido desarrollado según las necesidades que tienen estos tipos de usuarios, considerados en todos los componentes del sistema.

El sistema PONTES está compuesto de un GPS y un mapa de navegación el que contiene todos los datos para una navegación sin problemas, y poder hacer seguimiento de la persona. La posición absoluta es transformada en el sistema a una posición relativa según transformaciones del mapa respecto al sistema GPS. Finalmente el sistema de ruta y guía genera instrucciones para guiar al usuario, entregándole avisos de alerta de obstáculos, e información adicional del ambiente inmediato a su posición. Toda la información que se le entrega al usuario es auditiva por medio de un dispositivo específico en el tiempo correcto. Este sistema necesita tener una base de datos detallada que contenga información del mapa de navegación y de información detallada que le permita tomar decisiones eficientes para su navegación. Dependiendo de si el usuario tiene un problema de ceguera desde el nacimiento o es adquirida, necesitan diferentes niveles de información del entorno. Por esto es importante que la información que entrega el sistema deba ser configurable por el usuario, teniendo la posibilidad de diferentes niveles de entrega de

información. Así, diferentes aspectos deben ser clasificados y dejar a criterio del usuario permitir mostrarlos o no.

Cricket (Vogel, 2003; Priyantha et al., 2000) es una aplicación que permite la ubicación móvil. El sistema de ubicación es preciso en entornos cerrados. Esta aplicación funciona en dispositivos cliente para mantener la privacidad y escalabilidad. El sistema Cricket se puede adaptar fácilmente para obtener una gran precisión y privacidad.

La infraestructura funciona en base a *beacons*³ que periódicamente envían un par de señales, una de ellas es de radio frecuencia (RF) y la otra es una onda de sonido (US). En particular la onda de radio frecuencia puede transmitir un ID que identifica al *beacon*. Las siguientes correlaciones permiten entregar la ubicación del sistema cliente: 1. La correlación entre el par de señales RF-US en base al tiempo. 2. La correlación de la señal del *beacon* basada en los IDs. 3. La correlación de un *beacon* con su ubicación en base a la ubicación óptima del *beacon*. Los dispositivos móviles reciben el par de señales y estiman la distancia del *beacon* transmisor usando el tiempo de vuelo de la señal. Estos dispositivos hacen el cálculo de correlación recibiendo primero la señal de radio frecuencia y después la señal de ultrasonido, considerando la primera que reciba. La privacidad y la escalabilidad se logran usando *broadcasts* de una sola vía, y corriendo los software de cálculo de ubicación y dependencias en el dispositivo móvil.

Los *beacons* deben ser distribuidos en 1,2x1,2 metros densidad para asegurar buenos resultados. Para maximizar la correlación entre los diferentes *beacons* estos se deben ubicar equidistantes desde las diferentes separaciones que puedan estar en un espacio cerrado (Figura 5). De ser necesario se pueden delimitar separaciones virtuales tal que esta propiedad se cumpla. Si se colocan *beacons* en las esquinas de las paredes, estos deben ubicarse en un ángulo de 45° (Figura 6).

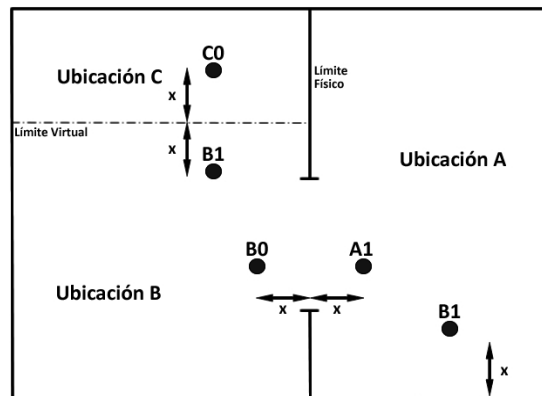


Figura 5. Pares de *beacons* en un espacio adyacente

³ Se entiende por *beacon* a una especie de faro que transmite una señal iluminando un determinado espacio.

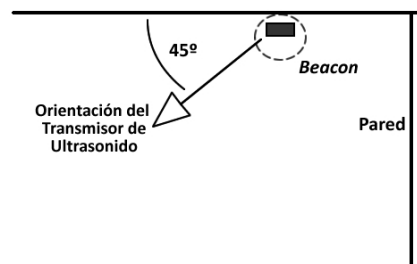


Figura 6. Ubicación de *beacons* con el transmisor de ultrasonido a 45°

Dadas las correlaciones RF-US, un dispositivo móvil puede estimar la ubicación usando el tiempo de vuelo de la señal. Para cada *beacon* desde el cual el dispositivo recibe un par de señales, el dispositivo estima la distancia absoluta. Esta distancia absoluta es usada para calcular la ubicación general. Para estimar el *beacon* de origen, el dispositivo compara las distancias absolutas que son calculadas a varios *beacons* y utilizar los estimados como lo más cerca posible.

Cricket puede adaptar la precisión actual de detección de ubicación, adaptando su presentación de mapas o las direcciones de la navegación. Información certera como ubicación general se puede enfatizar, y la información que es incierta como la posición exacta se puede entregar con menos importancia, notando que la información tiene rangos de error, con alguna marca especial o en grupos.

Existen aplicaciones que consideran los problemas de tener mapas para ciegos y sistemas de ubicación, pero mantienen dificultades de uso y no abordan todos los problemas. Vogel (2003) presenta Dog+, un sistema que extiende e integra subsistemas existentes en un dispositivo *handheld* PDA. Dog+ consiste en una interfaz de audio, en una generalización de mapa basada en el usuario, y una infraestructura de localización del usuario.

Para integrar el sistema Dog+ con navegación, el usuario debe poder especificar su contexto, la información necesaria para calcular y generalizar la ruta. Esta información incluye el destino del usuario y el propósito del viaje. El usuario puede entrar toda la información por comando hablado o tipeando por medio de un set de comandos limitado de voz. Para ingresar el destino, el usuario puede usar una aproximación o un punto de destino específico en el mapa con una ayuda de zoom recursivo.

La interfaz de salida en la PDA corresponde a sonidos verbales y no verbales, con los que se trata de representar espacios 3D y 2D, además de estados pasivos o activos. Los sonidos no verbales son usados para representar posición, orientación e información de ubicación de objetos en el mapa o ciertas rutas, además del menú del software. El texto hablado es usado para representar información más precisa como nombres de ciudades o direcciones exactas en el mapa.

BATS (Parente & Bishop, 2003) es una interfaz de mapas basada en audio que corre en dispositivos *handheld* PDA. La interfaz de entrada es vía un puntero y la salida de información se genera por medio de audio verbalizado y no verbalizado. El sonido espacial se reproduce respecto a la posición que tiene el cursor en la pantalla del dispositivo, no referente a la posición del usuario en el espacio real. Este sistema presenta mapas con una mínima interpretación y generalización. La interfaz de audio proporciona íconos de sonidos que proporcionan la semántica adecuada y transmiten información al usuario. Esta interfaz de audio no es muy sencilla de utilizar

por el usuario. Una forma de mejorar los problemas de la interfaz es permitir interfaces hápticas para complementar la interacción.

LineDrive (Rushmeier et al., 2001) utiliza rutas que están almacenadas previamente las que sirven de base para los cálculos de nuevas rutas requeridas por los usuarios según un punto de inicio y final, considerando aspectos como si la ruta deseada debe ser la más corta o la más rápida. La navegación está dada por el contexto del usuario, y por las prestaciones que puede otorgar al mapa. El algoritmo que se utiliza para entregar la mejor ruta, se preocupa de presentar puntos clave de navegación. Para el caso de usuarios no videntes estos puntos pueden ser clubes de jazz y cines, lugares que sean fácilmente identificables por ellos. Junto con esto se entregan atributos de los diferentes elementos como sonidos característicos, o bien si existen curvas, accidentes, o algo que pueda ser significativo para reconocerlo. Lograr identificar estos atributos logra generar mapas de rutas que son sencillos en complejidad, y se centran sólo en los aspectos relevantes que ayuden en la ruta.

Coroama (2006) presenta *Chatty Environment*, un sistema de computación ubicua para asistir a usuarios ciegos en tareas cotidianas como la compra en el supermercado, entrar a un edificio o ir de compras. El desarrollo se basa en dos puntos clave: 1. El sistema debe ser un complemento de la información que el usuario puede percibir del entorno, en ningún caso la debe reemplazar u obstruir; 2. La navegación debe ser asistida mediante puntos de interés, clave para que el usuario se pueda orientar en el espacio. El *Chatty Environment* utiliza tecnología RFID para determinar cierta información de los objetos por medio de un ID único que los representa y que es contrastado vía web con un documento XML que posee el detalle del objeto. En detalle el prototipo del sistema consiste de objetos que están etiquetados con sus respectivos tags; *World Explorer*, que consiste en un dispositivo que transporta el usuario y sirve de interfaz entre el usuario y las etiquetas; *Virtual Counterparts*, que representan virtualmente a los objetos (si el usuario pierde contacto con la etiqueta, entra en funcionamiento la representación virtual); y una infraestructura de comunicación (las utilizadas fueron bluetooth y WLAN 802.11) (Coroama & Röthenbacher, 2003).

Existen sistemas de mapas que permiten ubicarse en el espacio, tal como Google Maps, Planos y MapCity. Ienaga et al. (2006) hicieron una aplicación de mapas para usuarios no videntes basado completamente en audio, si bien este sistema funciona correctamente, el problema que presenta se relaciona con su cobertura, así como con la actualización de la información. En el caso de mapas táctiles, la actualización y mantenimiento es complejo y requiere de tiempo y dedicación, aumentando los costos. Lo que más se busca en estos sistemas de ubicación es precisión en la información que otorgan, ya que rangos de error de 1 metro son significativos para las personas no videntes. Este nivel de precisión es imposible bajo sistemas GPS, principalmente en una ciudad en que la interferencia de medición es mayor por los altos edificios. La solución que se plantea en el trabajo de Ienaga et al. (2006), consiste en planificar previamente el viaje utilizando un mapa basado en audio, y bajo el supuesto que el usuario ciegos es capaz de desplazarse independientemente usando un bastón o un perro guía.

El escenario de uso del sistema considera 4 etapas. En la primera etapa, el usuario accede al sistema y requiere información del mapa basado en audio por medio de consultas en base a información básica de un viaje, como lugar de inicio, lugar de destino, y cierta información del usuario. En la segunda etapa, el sistema produce una ruta basada en audio y en la información geográfica correspondiente, considerando además información del contexto y del usuario. Toda la

información geográfica sirve para encontrar las pistas necesarias que permitan al usuario no vidente desplazarse y orientarse sin mayores dificultades. Con todo esto el sistema entrega un mapa basado en audio según las características del usuario. En la cuarta etapa, se graba el mapa en el dispositivo móvil del usuario. En la última etapa, el usuario utiliza el dispositivo móvil y escucha la información de la ruta mientras se desplaza. Siguiendo todas estas etapas se logra que el usuario pueda moverse de forma más independiente.



Figura 7. Tags Ekahau especiales para ubicación

Sistema	Tecnología	Exactitud [m]	Precisión [%]	Escala
GPS	Tiempo de vuelo	1-5	95-99	Global
AGPS	Tiempo de vuelo, estaciones base	9	90	Potencialmente global
Active Badge	Infrarojo, proximidad	Pieza	100	Habitación
Active Bat	Ultrasonido, Tiempo de vuelo, lateración	0,09	90	Habitación
Cooltown	Infrarojo, proximidad	1	n/a	Sólo Localización
RFID	Radio Frecuencia, proximidad	Variado	Variado	Sólo Localización
BBK Beacons	Bluetooth, proximidad	2	100	Cobertura de Red
MotionStar	Magnetismo, Análisis de escena, lateración	0,001	100	Escena
PinPoint 3D-iD	Radio Frecuencia, lateración	1-3	n/a	Edificio
Cricket	Ultrasonido, Radio Frecuencia, Tiempo de vuelo	1,2X1,2	100	Sólo Localización
GUIDE	IEEE 802.11, ID de celda	200	100	Cobertura de Red
RADAR	IEEE 802.11, Potencia de señal	4,5	n/a	Cobertura de Red
Ekahau	IEEE 802.11, Estadística	0.9	80	Cobertura de Red
BlueSoft	Bluetooth, ID de microcelda	10	n/a	Cobertura de Red
Lessing	Bluetooth, ID de celda, Análisis de escena	1	n/a	Cobertura de Red
Bluetags	Bluetooth, Potencia de señal	1	n/a	Cobertura de Red
Blipnet	Bluetooth, Potencia de señal	1	un/a	Cobertura de Red
SpotON	Red ad-hoc, lateración	Variado	n/a	Cobertura Clúster

Tabla 6. Tabla comparativa de sistemas de ubicación

Ekahau (Ekahau, 2002a, 2002b), una empresa finlandesa de diseño de software, desarrolló *Ekahau Positioning Engine* (EPE) 4.2, un software que permite la localización de dispositivos inalámbricos mediante triangulación con un máximo de error de un metro. Este software es compatible con cualquier red con tecnología HiperLAN2 y 802.11, con capacidad de detectar 100 dispositivos por segundo, no requiriendo hardware propietario. Además permite monitorear y administrar el número de tags que se desean rastrear, su status y ubicación precisa. Se puede determinar también el lapso de tiempo en que cada tag entrega información, conocer cuando un determinado objeto comienza a moverse y cuando para. Si bien el sistema puede ser montado en una red tradicional sin un hardware especial para ello, es necesario tener unos tags especiales de ubicación de Ekahau (Figura 7) (Ekahau, 2002a, 2002b).

Roussos (2002) presenta un cuadro comparativo (Tabla 6) de diferentes sistemas de ubicación para usuarios ciegos con datos importantes de exactitud, precisión y escala.

Tom Pouce (Jacquet, Bellik, Bourda, 2006) ha trabajado para darles feedback a los usuarios de posibles objetos que se encuentren en la ruta con un rango entre 0.5mts y 3mts, por medio de sensores infrarrojo. El sistema creado por LAC (Figura 8) (Laboratoire Aimé Cotton, Orsay, France), busca potenciar al bastón tradicional.



Figura 8. Bastón Lac (www.lac.u-psud.fr)

De la misma forma, existen sistemas que utilizan sensores de ultrasonido para detección de obstáculos, emulando la capacidad de algunos animales y la forma en que trabaja un radar. Algunos ejemplos de estos son el Miniguide, el Polaron (Figura 9) y el UltraCane (Figura 10, Figura 11). El rango de trabajo del Miniguide abarca desde los 0.5 metros hasta los 8 metros (http://www.gdp-research.com.au/minig_1.htm), y el del Polaron desde los 1.2 metros hasta los 4.8 metros.



Figura 9. Polaron (www.eyeofthepacific.org)

En la Figura 10 las ondas en blanco son las generadas por ultrasonido y permiten identificar obstáculos de forma complementaria al bastón tradicional. Las ondas de color representan las zonas donde actúa el bastón tradicional, en que el color rojo es donde no actúa, la amarilla actúa más o menos y la verde donde tiene mayor eficacia.



Figura 10. UltraCane. (images.businessweek.com)



Figura 11. UltraCane (news.bbc.co.uk)

El Miniguide (Figura 12) es promocionado como un complemento al bastón o al perro guía, en ningún caso como un suplemento. La asistencia consiste en: ayudar a evitar obstáculos, tales como vehículos estacionados, postes y mobiliario urbano; detección de obstáculos tales como ramas de los árboles; ayuda a poder determinar cantidad de objetos, por ejemplo contabilizar número de personas en una fila; ubicar puertas, y determinar si las puertas del ascensor están abiertas; y finalmente poder recorrer un espacio siguiendo rutas alrededor de mesas, sillas y entornos de oficina.

La misma idea planteada por medio de sonido y de luz infraroja también puede llevarse a cabo por medio del uso de láser. El laboratorio LAC creó Teletact (Figura 13) un dispositivo que utiliza la tecnología de láser para encontrar obstáculos con una precisión entre 10cm y 10 metros. Otro ejemplo es el Lasercane N-2000 (Figura 14) con un alcance de precisión hasta los 3.65 metros (Leroux et al., 2004).



Figura 12. Miniguide (www.gdp-research.com.au)



Figura 13. Teletact utilizado junto con el bastón (Leroux et al., 2004)

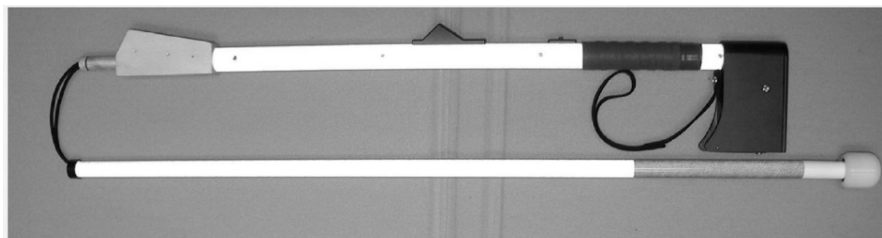


Figura 14. LaseCane (www.brailleteknik.com)

El sistema RAMPE presentado por Baudoin et al. (2005) consiste en ayudar a los usuarios a utilizar el sistema de transporte de buses. Este sistema se basa en un dispositivo handheld que debe transportar el usuario. Este dispositivo tiene capacidad de conectividad WiFi y es el que ejecuta el software de nombre RAMPE. La entrega de información al usuario se hace por medio de un motor TTS. Otra parte importante del sistema es una estación fija que se instala en los paraderos de buses, el que incluye un punto de acceso y un parlante que puede ser activado por el usuario remotamente. Un sistema central conecta el de los paraderos y los vehículos. En base al estado de los buses se actualiza la información en los sistemas base, información que puede ser obtenida por los usuarios por medio de la PDA.

IV. Sistemas de Ubicación

Introducción

Al elegir una ruta u otra, las personas no eligen necesariamente la más corta, también influyen en la decisión aspectos como la seguridad, siendo esta más importante en la mayoría de los casos. Para el caso de las personas ciegas, esto es exactamente igual, no siempre es preferible elegir la ruta eficiente, sino la más segura. Para el caso de este tipo de usuarios, en la seguridad se agregan aspectos como que existan pocos obstáculos, y poco riesgo de tropiezos o golpes en zonas del cuerpo en que el bastón no detecta objetos (Pressl & Wieser, 2005).

Uno de los mayores problemas asociados a los sistemas de ubicación o que quieran entregar una ruta eficiente y libre de riesgo, son los obstáculos temporales. ¿Cómo identificar una silla, que hace cinco minutos no estaba en la posición que está ahora?, ¿cómo saber que hay una obra en la calle que cortó el tráfico por la vereda? Solución a estos problemas pueden ir desde darle un ID a cada uno de estos problemas, siendo un tanto ineficiente o utilizar reconocimiento de objetos mediante el uso de cámara que puede acompañar al usuario.

El uso de tecnología puede ser una herramienta de apoyo poderosa para entregarles información adicional a las personas con deficiencia cuando se están desplazando. Las tecnologías de ayuda se definen como cualquier ítem, equipamiento o sistema adquirido comercialmente, modificado o adaptado que sea usado para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de las personas con discapacidad (Rodrigues, 2006).

Clasificación

Existen varias maneras formas de clasificar estas tecnologías de ayuda. Una forma tradicional es la forma en que estas se relacionan con la discapacidad que presenta el usuario (Rodrigues, 2006):

Implante sensorial. Toda tecnología que reemplaza alguna parte del cuerpo sustituyendo y mejorando el sentido deficiente. Un ejemplo de esto es el implante de retina.

Aumento sensorial. Incluye tecnologías bien establecidas que mejoran la capacidad visual cuando esta existe pero es deficiente. Lo ideal es que la tecnología utilizada sea portátil, pudiendo acompañar al ciego. Ejemplos de esto son los anteojos ópticos. También se considera en esta categoría elementos de accesibilidad provistos en diversos software.

Sustitución sensorial. Corresponde a tecnologías que promueven el uso de otros sentidos en pro de sustituir la visión, como lo es el tacto y la audición. Ejemplos de esto son los entornos virtuales basados en sonido (Sánchez & Sáenz, 2006a, 2006b, 2007; Sánchez & Zúñiga, 2006; Sánchez et al., 2008, Sánchez & Elías, 2006) y dispositivos hápticos⁴ como el Phantom (Sjöstrom, 2001; Sarmiento & Vargas, 2004).

⁴ El sistema háptico de los humanos consiste en la entrada sensorial, la entrada motora y los componentes cognitivos del sistema central (Oakley et al., 2000). La háptica comprende el tacto y la información cenestésica, de tal forma que la definen como un sentido de posición, movimiento y fuerza (Fritz et al., 1996).

Existen formas de ayuda “tradicionales” que han acompañado a los ciegos por años ayudándolos en su movilidad y orientación⁵.

Bastón. Sin duda es uno de los elementos que más se utiliza por las personas no videntes para guiarse en ambientes externos. La mayor desventaja que tiene este dispositivo es que no entrega ningún *feedback* para objetos que se encuentren sobre el nivel de suelo. Dispositivos no sólidos que tienen poco contacto con el suelo son una amenaza contra estas personas que transitan tranquilamente utilizando el bastón. Para solucionar este problema se han diseñado y desarrollado mejoras al bastón, como los denominados *BatCane* que utiliza el principio de percepción de los murciélagos para detectar por medio de ondas sonoras, objetos frente al usuario, mientras sigue detectando con el método tradicional objetos a nivel de suelo.

Perros Guía. Son perros especialmente entrenados para ayudar a las personas ciegas a moverse en ambientes complejos, evitando los posibles obstáculos. El perro por su carácter de mascota pasa a ser también un acompañante importante en la vida del ciego, generando fuertes vínculos entre ambos. En el caso de Chile es muy raro divisar ciegos con perros guías, dado el alto costo que este tiene en su alimentación y el entrenamiento. Además las restricciones del ingreso de mascotas a ciertos lugares son confundido con no permitir el ingreso de estos perros, dificultando su labor y excluyendo a la persona ciega de ingresar a ciertos lugares. Su costo es demasiado alto partiendo de los \$8.000.000 (USD15.000) hasta los \$16.000.000 (USD30.000). Por este motivo las personas ciegas que pueden acceder a este tipo de ayuda son mínimas (Jacquet, Bellik, Bourda, 2006).

Métodos de Ubicación

Para identificar la ubicación de objetos o personas se pueden utilizar diversas técnicas. En general estas técnicas se pueden clasificar en geométrica, estadística, análisis de escena y proximidad. También puede pasar de que las técnicas se mezclen para lograr una mejor medición de los datos, también dependerá mucho del ambiente qué método utilizar. El método más utilizado es el geométrico, por medio de triangulación en cualquiera de sus derivaciones (lateralización o angulación) se puede calcular la ubicación, por medio de distancias desde puntos clave.

El cálculo probabilístico de la ubicación considera un algoritmo en que el dispositivo es capaz identificar la ubicación de un objeto con cierto grado de certeza, por medio de la intensidad de señal que recibe del dispositivo. Este método supone un algoritmo heurístico en que el resultado no es certero, pero sí está dentro de aceptable de precisión.

Cuando se hacen sistemas de posicionamiento es importante considerar que la información entregada puede ser relativa o absoluta, dependiendo del método que se adopte y cuáles serán las los puntos de referencia. Para una posición absoluta se requiere de un sistema de localización que utilice grillas de puntos de referencia para todos los objetos, con datos como latitud, longitud y altitud. El hecho de que un GPS entrega una posición absoluta tiene que ver sólo con esto, con que el sistema base que utiliza es la malla global de coordenadas. Para efectos prácticos sistemas más simples o más específicos utilizan una ubicación relativa o bien específica.

⁵ Se refiere al conocimiento de relaciones espaciales entre objetos de un ambiente. Información sobre posición, dirección, destino y rutas están íntimamente ligadas a la orientación (Blasch et al., 1997).

De las geométricas, existen diversos métodos para medir la ubicación de un determinado objeto en un espacio. Los métodos más utilizados y que tienen cierta relación con uso de tecnología corresponden a triangulación, análisis de escena y proximidad (Hightower & Borriello, 2001b).

Triangulación

La localización de objetos mediante triangulación usa propiedades geométricas de los triángulos en el cálculo. El método de triangular se puede dividir en dos subcategorías que son lateración y angulación.

Lateración

Se entiende por lateración como la distancia medida entre dos ángulos. El método de lateración calcula la posición de un objeto por medio de medir la distancia entre múltiples puntos de referencia. Para calcular la posición de un objeto en dos dimensiones se requiere medir la distancia desde 3 puntos no colineales (Figura 15). Para lograr lo mismo en 3 dimensiones, se requiere medir la distancia desde 4 puntos no colineales.

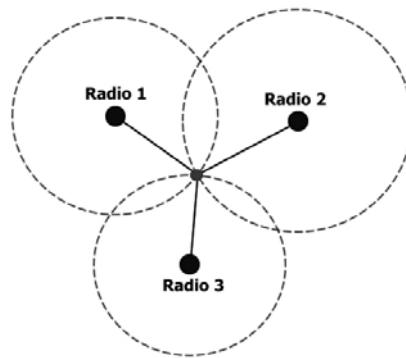


Figura 15. Para determinar la posición 2D usando lateración se requiere medir la distancia entre el punto central y los 3 puntos no colineales (Radios 1-3)

Existen tres formas de aproximar la medida de las distancias requeridas por la técnica de lateración:

Directa. Medición directa, por medio del movimiento, de la distancia. Si bien es simple de entender, es complejo de llevar a cabo dada las complicaciones que involucra un sistema móvil autónomo de coordenadas.

Tiempo de Vuelo. Medir la distancia desde un objeto X a un punto P usando esta técnica corresponde a medir el tiempo que se demora otro objeto Y en recorrer la distancia desde el centro del objeto X hasta el punto P con una velocidad conocida. Este objeto Y puede ser ondas de radio, de sonido o cualquier onda cuya velocidad sea conocida. Un ejemplo claro es la velocidad de ondas de sonido, que corresponde a 344 metros por segundo en condiciones ambientales. Si un pulso de ultrasonido emitido desde el objeto X en un punto cualquiera demora 14.5 milisegundos en llegar a un punto P, se puede saber que el objeto X se encuentra a una distancia de 5 metros del punto P. Para el caso de ondas de radio la complejidad aumenta dado que su velocidad es mayor y por lo tanto requiere de instrumentos más precisos para obtener su medición. En casos en que el objetivo es móvil el cálculo debe ser hecho midiendo el tiempo que demora la onda en ir

y volver al objeto X. Este método es el que utilizan los murciélagos y que es imitado por radares y en menor escala bastones de ultrasonido.

En un sistema GPS, el receptor no está sincronizado con los satélites transmisores, lo que provoca una medida poco precisa del tiempo que toma la señal en llegar a la tierra desde el espacio. Sin embargo, los satélites GPS están sincronizados perfectamente con otros satélites y transmiten el tiempo local en que lanzan la señal, lo que permite que los receptores puedan calcular, en base a diferencias, un tiempo más exacto que el tiempo de vuelo de la señal. Con la ayuda de la señal de al menos 3 satélites, un receptor GPS puede entregar información en base a tres dimensiones, que son latitud, longitud y elevación, además de entregar el rango de error de la medida. Mientras mayor sea el número de satélites, mayor puede ser la precisión de la ubicación del receptor GPS.

Para obtener información más precisa, surge la necesidad de tener 4 satélites ya que son cuatro las variables que se deben encontrar (X, Y, Z, y tiempo de transmisión). La idea es generar un sistema de ecuaciones de cuatro variables y cuatro ecuaciones, que se resuelve gracias a las cuatro señales emitidas por los satélites.

Atenuación. La intensidad de una señal emitida disminuye a medida que la distancia que lo separa del objeto emisor aumenta. La atenuación es relativa a la intensidad original emitida. Dada una función de correlación de atenuación y la distancia según el tipo de emisión y fuerza de la misma, es posible estimar la distancia que se tiene de un objeto respecto de un cierto punto P. El modo de cálculo se realiza por medio de conocer la potencia de la emisión a medida que esta se acerca al punto P. En ambientes cerrados como una oficina, un edificio o un salón, existen muchas obstrucciones de señal en que esta se puede reflejar o refractar. Por esta razón medir la ubicación de un objeto en un ambiente cerrado con este método no es buena idea, ya que la medida generada no es de confianza. En un contexto así, es mejor utilizar un método como el tiempo de vuelo.

Angulación

La angulación es muy similar a la lateración, sólo que además utiliza ángulos para determinar la posición de un objeto. En dos dimensiones, para obtener la ubicación de un objeto se deben ocupar dos puntos de referencia respecto del objeto. Se fija un vector relativo en 0 grados, y en base a este se miden los 2 ángulos respectivos. Otro dato importante es la distancia entre ambos puntos de referencia (Figura 16). Para el vector relativo se utiliza un estándar que se define como el norte magnético. Con esto se logra una medición absoluta y no relativa en la implementación de un sistema de angulación.

En un sistema de múltiples puntos de referencia (se pueden definir como antenas) con una separación conocida, se puede conocer el tiempo en que demora llegar una cierta señal. Teniendo la diferencia de los tiempos de llegada y la geometría de los receptores, es posible calcular el ángulo desde que la emisión fue generada.

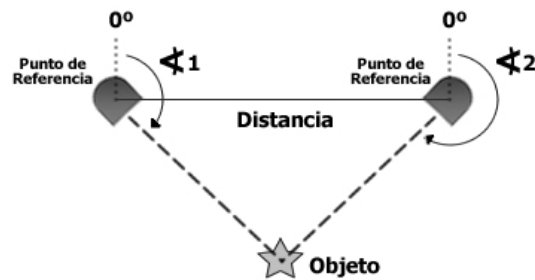


Figura 16. Representación de los datos para el cálculo de la ubicación de un objeto en 2 dimensiones por el método de angulación.

Análisis de Escena

El análisis de la escena consiste básicamente en estudiar el ambiente circundante. Por medio de la observación se pueden obtener datos importantes que sirven para identificar la posición de un determinado objeto. Este método es el que utilizan los mouse ópticos modernos, en que, según las variaciones de fotografías consecutivas detectan su posición. Las diferencias en las escenas corresponderán a movimientos del observador, con lo que con una representación completa se puede obtener la ubicación del objeto respecto del observador.

La ventaja que tiene este método en la ubicación de un objeto es que depende del uso de un observador y no de cálculos complejos de distancias y ángulos. La desventaja de este método es que el observador debe tener un panorama completo del ambiente, lo que le permite poder sacar conclusiones acerca de la posición del objeto. Esta desventaja puede ser suplida por medio de un análisis constante en cuanto a diferencias ínfimas entre una fotografía y otra, tomando un punto de partida relativo al sistema.

Proximidad

La ubicación por proximidad consiste en detectar cercanía a un punto de referencia conocido. La presencia del objeto se puede detectar por contacto físico, uso de una determinada celda celular o bien por sistemas de ID automático.

Contacto físico. Una de las formas más sencillas de ubicación por proximidad es la detección por contacto físico. Principalmente consiste en utilizar sensores, ya sean de presión o de contacto.

Monitoreo de celdas de celular. Cuando un dispositivo celular se encuentra en un rango de uno o más celdas, se puede conocer una aproximación de su ubicación en el entorno de la celda en cuestión. Para conocer la ubicación de esta forma, es necesario conocer el rango de alcance de la celda celular.

Sistema de ID automático. Consiste en la utilización de tarjetas inteligentes que son asociadas al dueño, y que pueden ser detectadas por lectores estratégicamente ubicados, con lo que se conoce una aproximación de la ubicación de la persona, u objeto al que se asocia dicha tarjeta.

Guidelines

Cualquier sistema de ubicación debería ser capaz de obtener la información desde diferentes tecnologías, incluso trabajando en conjunto, pudiendo lograr mayor fidelidad de los datos que se

obtenen. Junto con esto se puede lograr tener información de la ubicación en todo momento, independiente si el objeto o la persona se encuentran en un ambiente cerrado o abierto.

Para Abowd et al. (2000) existen diferentes maneras de entregar información acerca de la ubicación de un objeto. Todas estas formas tienen el propósito de proveer la ubicación con mayor precisión y cubrir el mayor espacio posible. Existen aspectos que deben ser evaluados para determinar un buen funcionamiento de un sistema:

Forma de obtener los datos de ubicación. Un sistema de ubicación debería proporcionar los datos de ubicación según la geometría de un espacio bien definido, o bien a través de una representación abstracta del mismo, en que la ubicación será más simbólica que precisa.

Marco de Referencia. Corresponde a la información de ubicación referente a un marco de referencia. Cuando los ambientes son desconocidos se trabaja mucho con un marco de referencia.

Cálculo local o en base a la infraestructura. Algunos sistemas de ubicación, como el GPS, realizan cálculos en la misma máquina que permiten conocer la ubicación en un determinado espacio. Otros sistemas dependen de la infraestructura que esté instalada para dichos efectos.

Precisión. Diferentes tecnologías entregan información de ubicación con distintos grados de precisión. Este es un aspecto crítico ya que dependiendo del uso final del sistema de ubicación, se aceptará un cierto nivel de precisión.

Escala. Esto es importante conocer el rango físico en que opera la tecnología de ubicación.

Reconocimiento. Algunas tecnologías pueden identificar objetos además de conocer su ubicación. Estos sistemas son esenciales para un sistema de rastreo, sin embargo para un sistema de entrega de información de ubicación no es un requisito fundamental.

Costo. La evaluación del costo debiera estar ligada a la capacidad del sistema, y la respuesta que este puede entregar.

Limitaciones. Es muy difícil tener una solución única, eficiente, completa, que integre la mejor tecnología y que además sea de bajo costo. Algunas tecnologías permiten conocer algunos aspectos que pueden ser importantes para un sistema de ubicación, mientras que otros ayudan en otros aspectos. En la suma, el sistema se encarece, por lo que es necesario determinar el uso final que tendrá la aplicación y en base a esto determinar la mejor tecnología.

En la actualidad no existe una solución genérica para la navegación en espacios cerrados. Gracias a la masificación de tecnologías inalámbricas se ha podido avanzar en entregar posibles soluciones a los usuarios no videntes.

Para Harper & Green (2000) un sistema de ayuda a la movilidad en un espacio debe abarcar diferentes aspectos tales como:

Detección de obstáculos. Como ya se ha mencionado, uno de los mayores problemas que tienen los usuarios con discapacidad visual es la detección de obstáculos. En particular es complicado detectar objetos en altura, o bien que no son totalmente sólidos en sus bases dejando espacios donde puede pasar el bastón y entregar una información errónea al usuario.

Mapas Mentales. Estos usuarios desarrollan mucho su capacidad de oír y recordar, por lo que se valen de esto para planificar sus rutas y lograr un desplazamiento lo más autónomo posible. En Sánchez & Zúñiga (2006) se presenta una investigación para detectar el límite que puede tener una persona en utilizar su memoria para recordar giros realizados en una cierta ruta.

Egocentrismo. Las personas con deficiencia visual comprenden mejor las variables temporales en relación a sí mismos, y menos las variables que tengan relación con el espacio y el ambiente.

Regularidad del Ambiente. La falta de visión limita fuertemente a las personas a trasladarse de manera autónoma y confiada. El problema es aún mayor si el terreno no es regular, existiendo muchos obstáculos a su alrededor.

Fortalecimiento de la información espacial. Puede ser un problema para las personas no videntes congénitas el ubicarse espacialmente en un ambiente determinado. La información que se les entrega a estos usuarios debe ser clara y que les permita ubicarse espacialmente.

Tecnologías inalámbricas disponibles para la ubicación

Radio Frequency Identification (RFID)

En los últimos años ha surgido la tecnología RFID que permite una comunicación entre un receptor y un emisor, de la misma manera que funcionan los peajes automáticos de las grandes carreteras del mundo. El proceso es sencillo: por un lado un receptor detecta una fuente de información, la cual es recibida y queda disponible para su uso. Hoy en día esta tecnología se usa en el *retail*, permitiendo mantener grandes inventarios de manera económica y eficiente (Cheong, 2005). Existen proyectos que tienen como objetivo tener en dispositivos móviles estos receptores y que diferentes objetos del diario vivir tengan los dispositivos emisores de información. Con esto se podría identificar y conocer en más detalle diferentes aspectos del mundo real, pudiendo abarcar la medicina, los libros, la industria del video y la música, etc. (Real World, 2005).

Esta tecnología es capaz de almacenar y entregar datos por medio de transmisión electromagnética de ondas de radio. Un sistema RFID está compuesto de varios lectores RFID, tags RFID y todos comunicados entre ellos. El lector RFID es capaz de leer e interpretar datos que son emitidos desde un tag RFID definidos según la radiofrecuencia de funcionamiento y el protocolo de comunicación (transmisión y recepción de datos). Los RFID pasivos operan sin una batería, estos reflejan la señal de radio frecuencia transmitida a ellos desde un lector y agregan la información por medio de modular la señal reflejada. Los tags pasivos son utilizados principalmente para reemplazar la tecnología tradicional de código de barra, estos tags son más livianos y económicos que los tags activos, y con mucho tiempo de vida operacional. Una limitante es que el radio de lectura es muy limitado. Los tags activos contienen un radio transistor y una batería celular pequeña que le da energía al transistor. Gracias a la batería que tienen incluida el radio de alcance de estos tags es mucho mayor que el que otorgan los tags pasivos. Estos tags activos se utilizan principalmente para la identificación de objetos que pueden encontrarse en movimiento. Estos tags también proveen un gran tiempo de durabilidad y funcionamiento, esenciales para la identificación permanente de objetos.

La tecnología RFID abarca un rango de frecuencias, cada una con un uso específico (Tabla 7). El lector RFID es capaz de leer la información del tag por medio de dos métodos, uno inductivo y otro por medio de ondas electromagnéticas. En el caso del inductivo, la bobina de antena del lector

induce un campo magnético en la bobina de antena del tag. Entonces el tag utiliza el campo de energía inducido para transmitir datos al lector. Este método permite mantener una comunicación a una distancia de 10 centímetros. En el caso de las ondas electromagnéticas, el lector radia energía electromagnética tal que el o los tag próximos absorben dicha energía y activan el circuito del tag. Después de que el tag está activado, este refleja la onda al lector. En general en un sistema RFID se utilizan tres rangos de frecuencia: bajo (100-500KHz), intermedio (10-15 MHz), y alto (850-950 MHz y 2.4~5.8 GHz).

La industria ha desarrollado protocolos de comunicación que pueden ser propietarios o bien estándar. Los tags que son pasivos, al no tener energía propia ven limitado su rango de acción entre 1-2 metros, excepto que la antena provea gran capacidad de transmisión y mayor alcance. Los tags que son de baja frecuencia pueden ser utilizados para hacer seguimiento de animales, debido principalmente a su principal característica, baja frecuencia. Si se requiere almacenar gran cantidad de datos lo mejor es utilizar tags de alta frecuencia. Para procesos que requieren de mayor alcance, la mejor solución es utilizar tags de ultra alta frecuencia. Además estos tags permiten almacenar 12 Bytes de datos, lo que lo hacen ser los sustitutos precisos a los códigos de barra.

Rango	Baja Frecuencia (LF)	Alta Frecuencia (HF)	Ultra Alta Frecuencia (UHF)
Rango de Frecuencia	120-140 KHz	13,56 MHz	868-956 MHz
Capacidad del Tag	8-32 Bytes	8-10.000 Bytes	12 Bytes
Rango Máximo	3 metros	3 metros	12 metros
Rango Típico	1-2 centímetros	1-2 centímetros	3,6 metros
Anticolisión	<50	<50	200-1000
Costo del Tag (por mayor, USSD\$)	3-10	0,5-5	>0,75
Forma del Tag	Robusto No es plano Tamaño variable	Robusto Puede ser plano o no Tamaño variable	Robusto Plano Tamaño Fijo
Usos Típicos	Seguimiento de animales Identificación de objetos	Industria Científico Médico Seguridad	Venta en detalle Administración

Fuente: Willis & Helal, 2005

Tabla 7. Características de los tres tipos de RFID existentes.

El diseño de la antena es un elemento crítico dentro de cualquier sistema RFID. Para mantener un buen nivel en la exactitud de los datos es bueno que la antena esté cerca del tag. Por ejemplo la antena podría estar situada en el extremo del bastón de un ciego. Es deseable tener una antena que permita una lectura de muchos tags, ya que así se puede obtener información completa de todo el ambiente. En un espacio libre y sin ningún obstáculo o mecanismos de absorción, la fuerza del campo de propagación se reduce inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

La distribución de tags en una sala respecto de objetos y artefactos en cualquier espacio puede ser identificado, incluso con la limitación de espacio para almacenar datos. Se puede aprovechar de tener redundancia de datos entre diferentes tags. Con esto, el sistema RF-PATH-ID puede aprender rápidamente la ubicación de los objetos en el espacio, ya que la información de ubicación estará relativa a la posición absoluta del tag. Una ventaja de utilizar el sistema de esta forma, es que no requiere tener un sistema central de información. Una desventaja es que al mover un objeto en el ambiente, se deben actualizar los datos de todos los tags instalados.

La tecnología de RFID pasiva está basada en un pequeño circuito electrónico que puede alimentarse por medio de radiación a distancia, intermitentemente. Este dispositivo es capaz de transmitir información por el aire, la que puede ser leída por un lector especializado ubicado a una cierta distancia del transmisor (Figura 17).

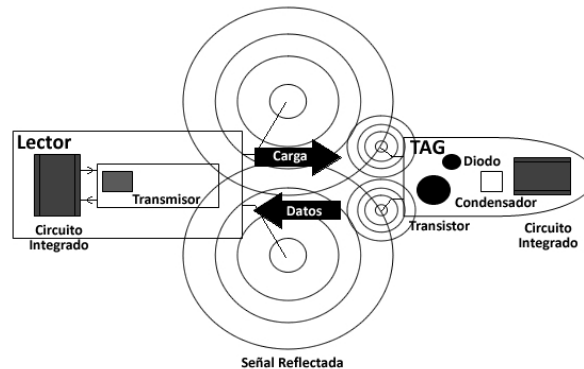


Figura 17. Esquema de un sistema RFID Ultra High Frequency

Los lectores pueden estar ubicados en puntos estratégicos, como portales o bien dentro de zonas específicas. Lo que se debe tener en cuenta es el rango de alcance que pueda tener el tag, según trabaje en baja, alta o ultra alta frecuencia.

Un RFID típico de seguridad generalmente opera en el rango de 125 a 134 kHz y en consecuencia tiene un rango de lectura pequeño, pero la onda de RF no es absorbida por agua, lo que es crucial en este caso dado que el ser humano está compuesto básicamente de agua (Choi, et al., 2006). Los tag pasivos RFID son útiles para llevar control de inventario tanto en bodegas como en puntos de venta. Estos RFID son insertados en cada ítem de producto en la fábrica, con información específica que identifica al producto. La información que se maneja en cada objeto corresponde a un código que debiera ser el estipulado por GS1 International⁶, institución internacional que regula la información y codificación de los productos. Los RFID utilizados para inventarios poseen un mayor rango de frecuencia (800MHz), y por tanto tiene mayor alcance, pero esta onda es fácilmente absorbible por el agua, por si los productos son líquidos el uso de este RFID es dificultoso (Roussos, 2006).

La información detallada de los productos se almacena en una base de datos, que al hacer el match de códigos, esta puede ser desplegada. La base de datos que se maneja en el dispositivo móvil es constantemente sincronizada con una base de datos central que se encuentra almacenada de forma segura en un servidor.

⁶ En 1974, fabricantes y distribuidores de 12 países europeos formaron un consejo con la finalidad de examinar la posibilidad de desarrollar un sistema estándar de codificación único para Europa, similar al sistema UPC que ya estaba funcionando en Estados Unidos, con la supervisión de *Uniform Code Council* (UCC). Como resultado, se creó un sistema compatible denominado *EuropGS1 Article Numbering* (GS1).

La actual asociación GS1 fue formada en Bélgica, en el año 1977, como una asociación internacional sin fines de lucro. Su objetivo ha sido desarrollar estándares que permitan la administración eficiente de una cadena de abastecimiento global y multi-industrial, a través de la identificación de los diferentes productos, unidades de embalaje, locaciones y servicios. La identificación correspondiente más allá que un número, define al producto que se etiqueta, logrando consistencia en los datos que se manejan. En 1992, GS1 International y UCC decidieron fusionar sus estándares en el Sistema EAN*UCC garantizando la existencia del mismo lenguaje de codificación en todas partes del mundo. Este mismo año, el nombre de GS1 cambió a GS1 International (<http://www.gs1chile.org/>).

El lector y el tag están equipados con bobinas, las que generan mutua inductancia entre ellas. La bobina del lector produce un campo magnético en su vecindad, cargando la bobina del tag, y activando el circuito que se encuentra dentro del tag. Al activar el circuito, el tag responde transmitiendo los datos correspondientes, eso si dentro de una distancia corta (Figura 18).

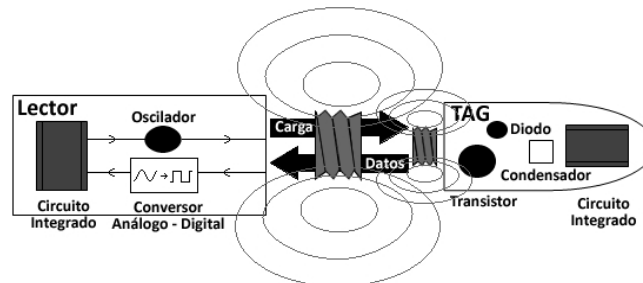


Figura 18. Esquema de un sistema RFID High Frequency

Los tags activos no han sido desarrollados para obtener precisión en el cálculo de la ubicación de objetos en un espacio *indoor*. Un rango de detección de 46 metros no provee la suficiente precisión para la mayoría de las aplicaciones práctica de este tipo. Para que el sistema funcionara se necesitarían muchos tags activos, lo que haría que el sistema no sea viable por el alto costo que implicaría. Por este motivo es mejor utilizar tags pasivos que son más económicos y por lo tanto viables utilizar gran variedad de ellos.

Ninguno de los productos RFID que existen proveen una potencia de señal en los tags directamente. El lector sólo reporta "detectable" o "no detectable" en un determinado rango. Un problema del uso de tags RFID es la gran latencia que existe entre un tag y el servidor que maneja la información. Hay dos factores que influyen en que exista esta latencia. Un factor es el tiempo que toma la detección de diferentes niveles de potencia. Este factor puede ser eliminado por medio de enviar la señal de potencia directamente. El segundo factor que influye en la latencia es el intervalo de tiempo de emisión de dos consecutivos IDs desde un tag activo. Dependiendo del total de número de tags en una determinada área de detección, este número de intervalo puede ser reducido considerablemente.

Un tema a considerar en un sistema conformado por tags, es la variación en el comportamiento de los diferentes tags. Uno de los supuestos que se debe hacer es que todos los tags se comportan rigurosamente de la misma forma, transmitiendo la misma potencia de señal de radio frecuencia. Aspectos que hacen que los tags se comporten distintamente son variaciones menores en los chips y circuitos, así como la batería, a pesar de que todos sean aparentemente iguales.

El dinamismo del ambiente es el aspecto más decidor en la exactitud de la ubicación calculada por un sistema, por este motivo nunca se puede asegurar que los resultados obtenidos y entregados sean los mismos en todas las experiencias desarrolladas. Puede pasar que en ciertas circunstancias la medida sea precisa (según ciertos parámetros) y pueda ayudar considerablemente en la ubicación de objetos, mientras que otras la precisión no sea la esperada o pero aún el sistema sea un fracaso de proporciones.

Asimismo el rango de alcance que puede tener un sistema RFID es determinado esencialmente por (AIM, 2002):

- La potencia disponible por el lector para comunicarse con el(los) tags
- La potencia disponible en el tag para responder
- Las condiciones del ambiente y la estructura del espacio

Bluetooth

La tecnología bluetooth define una norma global estándar de comunicación que posibilita tener transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace especial (Cheong, 2005). El objetivo de esta norma es facilitar las comunicaciones entre distintos dispositivos móviles y fijos, eliminar el uso de cables y conectores especiales, y ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes facilitando la sincronización de datos entre equipos personales, especialmente para dispositivos de bajo consumo, con una cobertura baja y basados en transceptores de bajo coste.

Gracias a este protocolo, los dispositivos que lo implementan pueden comunicarse entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen por qué estar alineados pudiendo incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión es suficiente y lo permite.

Según el nivel de potencia de transmisión del dispositivo, los dispositivos bluetooth se califican en tres clases, "Clase 1", "Clase 2" y "Clase 3". Una de las ventajas es que todas las clases son compatibles con las otras. El rango de potencia según clase se muestra en la Tabla 8.

Clase	Potencia máxima permitida (mW)	Potencia máxima permitida (dBm)	Rango
Clase 1	100	20	~100 metros
Clase 2	2,5	4	~10 metros
Clase 3	1	0	~1 metro

Tabla 8. Potencias y rangos de alcance para las clases bluetooth (spanish.bluetooth.com)

Una de las ventajas que provee esta tecnología es que prácticamente todos los equipos móviles actuales la tienen incorporada (tales como teléfonos, PDAs y auriculares). La tecnología bluetooth básicamente permite conectar y comunicar dispositivos entre sí, así es posible generar una conexión entre celulares y equipos manos libres, proporcionar una red inalámbrica en espacios reducidos, permitir una transferencia de archivos de toda índole, tales como documentos, fichas de contactos, agenda, etc., así como también es un modo de lograr una interacción más natural, tal como la que logran dispositivos hápticos como los de la consola Wii (www.apple.com).

El uso adecuado de la tecnología bluetooth permite que haya dos o más dispositivos en un área reducida sin grandes necesidades de ancho de banda. Su uso más común está integrado en teléfonos y PDA's, bien por medio de unos auriculares Bluetooth o en transferencia de archivos. Así como posee beneficios también puede tener problemas asociados, tal como que no se pueden utilizar mecanismos de ubicación precisos (como el cálculo de potencia de señal o triangulación), y como que un dispositivo se podría comunicar con otro que no corresponde interfiriendo los datos (Virtanen & Koskinen, 2004).

Infrarrojos

Los infrarrojos son una transmisión por radio que consiste en un haz de luz de corto alcance enfocado en un espectro de frecuencia determinado. Este haz se modula con información y se envía de un transmisor a un receptor a una distancia relativamente corta. Esta tecnología es la

misma que se utiliza para controlar un televisor con un control remoto, para intercambiar información entre dispositivos *handheld* o móviles y en sincronizar o coordinar agendas y libretas telefónicas entre estos mismos dispositivos. Básicamente la comunicación infrarroja involucra la utilización de un transceptor que es una combinación de transmisor y un receptor.

Infrared Data Association (IrDA) (www.irda.org) define un estándar físico en la forma de transmisión y recepción de datos por rayos infrarrojo. Esta asociación se crea en 1993 entre las principales empresas de tecnología de la época, tales como HP, IBM y Sharp. Los estándares de IrDA definen comunicaciones bidireccionales punto a punto empleando un haz de luz infrarroja que requiere estar frente a frente, un ángulo no mayor de 30 grados y una distancia que no exceda a un metro, pudiendo obtener una transmisión de datos entre 9.6Kbps y 16Mbps dependiendo del entorno (Infrared Data Association, 2000).

Existen dos estándares de IrDA. El primero es el IrDA-Data y básicamente es empleado para transferencias bidireccionales de información en forma inalámbrica y con altas tasas de transmisión entre dispositivos portátiles (Infrared Data Association, 2000). El segundo, el IrDA-Control, fue establecido para cursar comunicaciones de control entre dispositivos periféricos como teclados, ratones, joysticks o controles remotos. La distancia máxima se amplía de los infrarrojos iniciales hasta garantizar un máximo de 5 metros con tasas de transmisión de alrededor de 75Kbps (Infrared Data Association, 1998).

Según Ni et al. (2003) se puede utilizar esta tecnología para realizar tareas de ubicación de personas en ambientes cerrados. Las dos grandes limitaciones que tiene esa tecnología es que: 1. Para lograr una buena comunicación, se necesita que ambos dispositivos estén casi perfectamente alineados. 2. La transmisión es de muy bajo rango, por lo que el usuario ciego debería estar siempre cerca de los lectores con muy poca autonomía de los usuarios. Esto genera también que el sistema sea caro de implementar dado que, al ser de corto alcance, se debe tener una red considerable de estos dispositivos con lo que se pudiera rastrear al usuario.

Similar al modelo OSI, la tecnología IrDA se encuentra también estratificada en bloques funcionales con responsabilidades específicas. Se definen protocolos esenciales que deben existir en cualquier implementación de IrDA y otros que pueden implementarse o no según el tipo de aplicación (Figura 19).

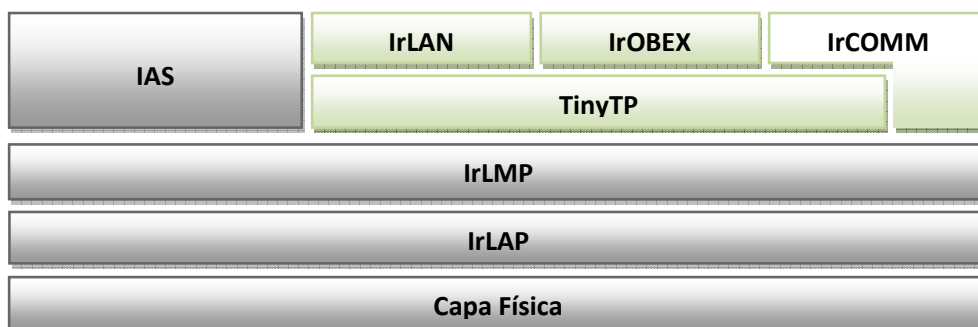


Figura 19. Bloques de arquitectura del sistema IrDA. Los de color verde corresponden a los opcionales, mientras que los de color celeste son los esenciales.

Capa Física. Le corresponde el envío y recepción de cadenas de bits a través del aire. Entonces se preocupa de la generación y detección de los destellos de luz infrarroja con la debida protección para los ojos humanos, formas de codificación de la información, esquemas de modulación y las características generales de los pulsos.

IrLAP. *IrDa Link Access Protocol*, se relaciona con los procesos de control de flujo de datos de bajo nivel, detección de errores y petición de retransmisiones.

IrLMP. *IrDA Link Managment Protocol* es el nivel encargado de permitir la multiplexión del flujo de información de diferentes aplicaciones sobre el mismo canal de IrLAP.

TinyTP. El nivel de control de flujo, TinyTP es opcional y tiene asociadas dos funciones, el control de flujo sobre las conexiones que se cursan sobre IrLMP y la segmentación y reensamblado de los paquetes.

IrLAN. Es el componente de IrDA que permite que los dispositivos con esta tecnología, como computadores, logren acceder a redes de área local. Para este efecto, se define una arquitectura cliente – servidor, donde el servidor es el elemento pasivo y el cliente el elemento activo, quien descubre y se conecta con el servidor, estableciendo un canal de comunicación.

IrOBEX. IrDA Object Exchange es opcional y su función es permitir que dispositivos de diferentes características intercambien datos y comandos en un modo estándar de acuerdo a los recursos presentes en cada uno, pudiendo hacer intercambio de archivos o mensajes de forma transparente para las aplicaciones de usuario (Infrared Data Association, 2003).

IrCOMM. El objetivo de IrComm dentro de la arquitectura de IrDA es permitir que las interfaces seriales y paralelas de los antiguos dispositivos periféricos puedan operar a través de infrarrojos sin ningún cambio.

Wireless Fidelity

Wireless Fidelity (Wi-Fi) denomina a los productos que incorporan cualquier variante de la tecnología inalámbrica 802.11, que permite crear redes de trabajo y comunicación.

Esta tecnología permite manejar información que se desea compartir, manteniéndola en servidores externos y comunicando los dispositivos por medio de esta. La capacidad de otorgar este acceso remoto puede acarrear ciertos beneficios:

Compartir Datos. Una base centralizada puede ser compartida con un gran número de usuarios remotos. Esto permite poder generar una base de datos bastante completa, de parte de todos los usuarios.

Actualización de datos centralizada. Las actualizaciones de la información almacenada en la base de datos centralizada están disponibles a todos los usuarios de manera eficiente y al mismo tiempo.

Aumento en la capacidad de procesamiento. Generalmente la capacidad de proceso que tiene un dispositivo *handheld* es mucho menor que la que proporciona un computador de escritorio o un servidor. Al tener datos centralizados, todas las operaciones caras las puede realizar el servidor

y así alivianar la carga del dispositivo. Además permite aumentar la complejidad de datos que pueda manejar el dispositivo, y en definitiva entregar al usuario.

Así como trae beneficios, también existen desventajas.

Autonomía. El sistema siempre dependerá de tener conexión con el servidor, lo que significa estar siempre con conexión. Esto conlleva una baja de autonomía del sistema en situaciones donde no es posible entablar comunicación. La mayoría de las veces no se tiene acceso a estar conectado, que viceversa. No basta con considerar los beneficios que puede traer estar conectado a un sistema central, además hay que estudiar bien el contexto del problema que se está solucionado.

Fallas de Comunicación. Si la comunicación entre el dispositivo y el servidor falla, el sistema deja de funcionar porque no tiene los datos necesarios. Este es un problema no menor y está ligado a la autonomía que es capaz de entregar el dispositivo al usuario.

Existen diversos sistemas basados en esta tecnología para la localización y seguimiento de personas dentro de un edificio, usando una red estándar 802.11. La idea es medir la potencia de la señal que recibe el dispositivo desde distintos puntos en una determinada área, combinando medidas reales con un modelo de la señal. Estos sistemas son fáciles utilizar y aprovechan estructuras de redes que ya están instaladas. El problema es que en muchos casos la precisión de la medición no es la mejor, teniendo un rango amplio de error. Por ejemplo, el sistema RADAR (Hightower & Borriello, 2001a), cuya implementación permite detectar objetos dentro de un rango de 3 metros con un 50% de probabilidad de certeza.

Existen cuatro formas de utilizar una red LAN para la detección de la ubicación:

1. Midiendo el tiempo que transcurre entre que se envía un paquete de datos a un punto de acceso y es devuelto al cliente (Times of Arrival, TOA) (Saha et al., 2003)
2. Por medio de la exploración de la magnitud de la señal que se tiene de un determinado punto de acceso y un conjunto de ellos (Received Signal Strength, RSS). En particular en el trabajo de Saha et al. (2003) utilizan el método de la exploración, concluyendo que mientras más puntos de acceso son provistos mejores resultados se obtendrán en la localización de un usuario. El problema que atrae agregar más puntos de acceso es que la performance del software disminuye y obviamente aumenta el costo del hardware. Otra de las conclusiones de su trabajo es que no existen mayores diferencias dependiendo del tiempo que se utiliza en obtener la muestra de señal.
3. Midiendo los ángulos en que la información es percibida (Angles of Arrival, AOA) (Nerguizian et al., 2001)
4. Midiendo la diferencia de tiempos en que una misma señal llega a un punto de acceso u otro (Time Differences of Arrival, TDOA) (Nerguizian et al., 2001)

Para los autores Nerguizian, Despins y Affes (2001) una red inalámbrica permite dos usos, telecomunicaciones y geoubicación (Figura 20).

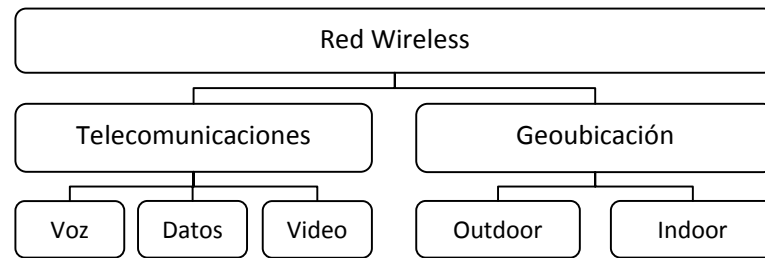


Figura 20. Usos de una red wireless

Un sistema de posición vía una wireless LAN se basa en la potencia que pueda tener una señal, utilizándose algoritmos como el de triangulación. Para esto es necesario trabajar los valores de potencia normalizados para lograr una compatibilidad entre diferentes tarjetas Wi-Fi. Una red normal de Wi-Fi no sirve para implantar un sistema como este, principalmente por la escasa cantidad de antenas que necesita el sistema base. Para triangular se requiere al menos tres antenas colocadas de forma estratégica en la habitación en donde se quiere hacer la ubicación (Virtanen & Koskinen, 2004). UbiBus (Banatre, 2004) utiliza tecnología inalámbrica para comunicar unos tokens ubicados en un paradero, un bus, y un dispositivo del usuario de manera tal de entregarle información útil del transporte público que no podría obtener sin este sistema. Con esta solución se logró mejorar el servicio otorgando la posibilidad de no sólo entregar información del sistema de transporte sino también del entorno a los paraderos y recorridos.

En el trabajo de Sorensen et al. (2004) se presentan resultados interesantes del uso de tecnología Wi-Fi para la ubicación de una persona en un ambiente cerrado. El algoritmo de ubicación móvil utilizado por este autor se basa en clasificar la señal de potencia de señal recibido en el dispositivo móvil desde un punto de acceso. En este trabajo encontraron que la precisión de la ubicación es en función del número de puntos de acceso que se disponen. A medida que se tiene un mayor número de puntos de acceso la precisión de la ubicación del objeto aumenta, disminuyendo el error en la medición (Figura 21). En el caso particular de este estudio, para obtener una precisión aceptable de 2 metros fue necesario tener 7 puntos de acceso en el sistema.

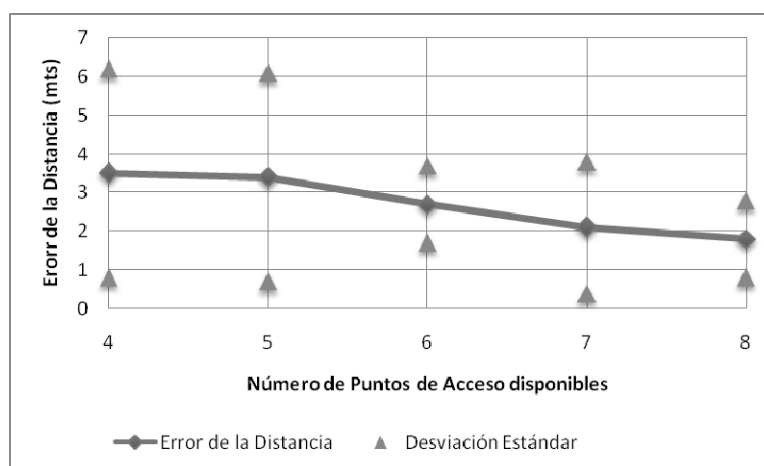


Figura 21. Precisión de la ubicación dependiente del número de puntos de acceso disponibles en el sistema

GPS

Creado por el gobierno de Estados Unidos, el Sistema de Posicionamiento Global, (GPS) funciona en base a información entregada por satélites desde la órbita terrestre. Este sistema lo componen 24 satélites geoestacionarios a unos 20.000 Km. de la Tierra, formando una red que puede ser accedida desde cualquier parte de la tierra por medio de dispositivos específicos. Cada uno de estos satélites está equipado con relojes atómicos, y transmiten ininterrumpidamente la hora exacta y su posición en el espacio (www.cascada-expediciones.cl). El cálculo de la posición y la altitud no se hace a partir de datos entregados por sensores analógicos de presión, humedad o temperatura (o una combinación de éstos) como en los altímetros analógicos o digitales, sino que se hace a partir de los datos que envían los satélites geoestacionarios (Abowd, 2000).

La posición tridimensional (latitud, longitud y altitud) requiere de al menos cuatro satélites a la vista, mientras que la bidimensional (latitud y longitud) sólo necesita tres. La mayoría de los receptores GPS pueden recibir y procesar hasta ocho satélites simultáneamente, aunque la recepción de un mínimo de tres permite la navegación terrestre o marítima, prácticamente las 24 horas del día en cualquier lugar de la Tierra. Los receptores GPS no cuentan con relojes atómicos pero son capaces de ajustar los desfases mediante una medición adicional sobre otro satélite, que a la postre los convierte en relojes de precisión atómica. Prodigioso pero no perfecto. Los receptores GPS deben ver bien el cielo para recibir correctamente la débil señal de los satélites, por lo que están pensados para utilizarse en el exterior y pueden no funcionar bien en el interior de un bosque tupido o entre montañas o edificios altos, lo que se puede corregir empleando una antena (e-global.es), así también en clima nublado la recepción de estos aparatos se ve mermada.

Los GPS comenzaron a operar en diciembre de 1993, y gracias a este dispositivo el usuario podía determinar su ubicación con un margen de error de 45,6 metros. En el año 2000 el rango de error disminuyó a tan sólo 4 metros (Willis & Helal, 2005). Hoy en día, el GPS permite ubicar con precisión a las personas, y saber con exactitud hacia donde se deben dirigir, apoyando enormemente la navegación. Esta tecnología también entrega apoyo en la navegación marítima, en deportes (4x4, enduro, kayak, parapente, mountain bike, montañismo etc.), rastreo vehicular, cálculo de áreas, topografía, navegación aérea, entre otros muchos (www.gpsaventura.cl), mejorando las rutas, uso de mapas dinámicos e incluso previniendo accidentes. Por ejemplo, en estos dispositivos se pueden elaborar rutas sobre mapas, registrando en el dispositivo los puntos por los que se quiere o se debe pasar, para luego estando en ruta una pantalla gráfica indica si se está siguiendo el rumbo correcto o no; o utilizar la misma función en rutas reversibles, es decir, ir registrando puntos por lo que se pasa en una ruta tal de luego poder volver por los mismos puntos con seguridad. Gracias a toda la información que manejan los dispositivos también son capaces de calcular la velocidad a la que se produce el desplazamiento (www.gpsaventura.cl).

En la actualidad diversos dispositivos móviles contienen un receptor GPS, incluso si no lo tienen embebido existen dispositivos GPS que pueden vincularse a dispositivos móviles por medio de comunicación bluetooth. Los datos proporcionados por el receptor GPS son interpretados por un programa específico de navegación. El gran inconveniente que tiene esta tecnología es que no funciona dentro de un edificio debido a la estructura que tienen estos, bloqueando las ondas satelitales que permiten que un GPS funcione.

V. Sistema de Posicionamiento y Orientación Móvil, PYOMSystem

Consideraciones para el diseño

Las personas con discapacidad visual tienen una percepción distinta del mundo que las personas sin problemas de visión. Además de esto existen diferencias relevantes entre los ciegos totales o los que tienen restos de visión. Es importante tener en cuenta esta situación al momento de diseñar y desarrollar interfaces para estos usuarios. En definitiva se debe adoptar un diseño centrado en el usuario, en que las limitaciones de estos sean consideradas en todo el proceso, logrando un producto que por un lado será utilizado y por otro será funcional a sus necesidades.

El modo de conocer el ambiente por medio de audio, si no se hace de modo apropiado puede llegar a ser confuso. Para controlar esto, es esencial que el usuario tenga control total sobre la información que quiere recibir del ambiente. Por ejemplo, se puede ajustar el número de objetos máximo que quiere se le informe del ambiente. La mejor forma de lograr el control total, pero tiene mayor complejidad es generar una interfaz adaptativa, en que inteligentemente se vaya adecuando a las necesidades de los usuarios según su aprendizaje, contexto y necesidad.

Como hemos visto el audio verbalizado es preferido a otro tipo de audio por muchos de los usuarios no videntes (Sánchez & Galaz, 2007). Sin embargo depende del contexto el tipo de información auditiva que es mejor proporcionar. Hay casos en que demasiado discurso distrae, y puede llevar a la confusión. Para este tipo de circunstancias es bueno proporcionar pistas adicionales, ya sea por medio de audio no hablado o bien por medio de vibración.

Para la representación de acciones y el feedback auditivo por medio de audio, existen diversas formas que han sido evaluadas con éxito, tales como sonidos semejantes para acciones similares, sonidos inversos para acciones inversas, jugar con la frecuencia de los sonidos, y utilizar notas musicales (Sánchez & Sáenz, 2006a, 2006b).

Recordemos que Ni et al. (2003) pone hincapié que al momento de elegir qué tecnología utilizar se debe considerar que la tecnología RFID no ha sido desarrollada para hacer seguimiento de objetos y en consecuencia ubicarlos. De la misma forma la tecnología Bluetooth tampoco ha sido desarrollada para estos fines, por lo que ambas tienen problemas inherentes. Por este motivo este autor plantea que la implementación de un sistema de ubicación basado en Bluetooth o en RFID va a funcionar de mejor manera en un laboratorio que en un espacio real.

Al momento de decidir con qué dispositivo móvil trabajar es necesario considerar las capacidades de este. Por el tipo de proyecto que se quiso desarrollar y evaluar, bastaba con que el dispositivo tuviera conexión Wi-Fi. En este sentido, los dispositivos móviles se reducían a PDAs, Netbooks y smartphones. Por comodidad de uso, se descartó el uso de un netbook. Por acceso a la tecnología dentro de las PDAs se optó por las PocketPC.

Muchas veces se dice que un smartphone es lo mismo que un dispositivo PocketPC, pero con la capacidad de comunicarse telefónicamente. ¿Tienen más diferencias estos dispositivos? El primero tiene sistema touch-screen, mientras que los smartphones no. Además los smartphones tienen un teclado con joystick incluido para realizar la interacción. Otra diferencia es la forma de acceso a Internet, las PocketPC se conectan mediante tecnología Wi-Fi, mientras que los smartphones se pueden conectar también mediante telefonía celular, sin necesidad de algún spot. Si consideramos que muchos de los usuarios ciegos tienen problemas para identificar los pequeños botones de las PocketPC o Smartphone (Sánchez, Flores & Sáenz, 2008; Sánchez &

Flores, 2008; Sánchez & Maureira, 2007) por problemas de diabetes, lo mejor es optar por un sistema que permita interactuar de forma más sencilla por medio de una pantalla touch-screen. Este punto hace que la elección de dispositivo haya sido de un pocketPC (www.devx.com).

Diseño

Modelo

El modelo de la aplicación móvil bajo el cual se diseñó el sistema, consiste en uno planteado en Sánchez et al. (2007a, 2007b) (Figura 22)

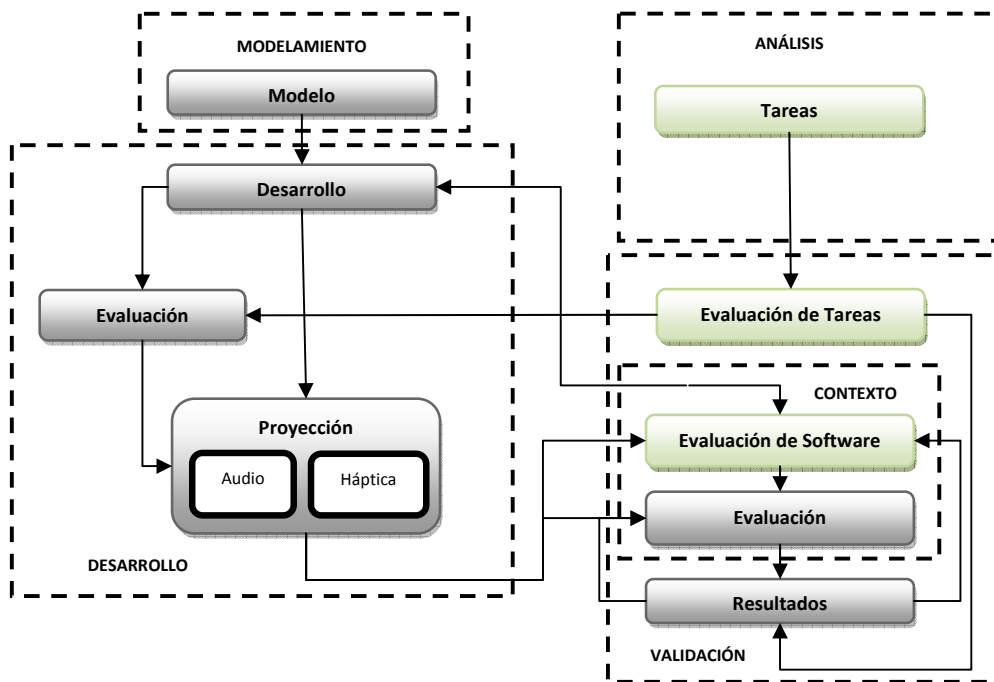


Figura 22. Modelo de aplicación móvil basado en el de Sánchez et al. (2007a, 2007b)

Modelamiento. Esta componente corresponde principalmente a la representación del ambiente en los distintos puntos previamente almacenados en el dispositivo móvil. Es definido por 4 puntos que, de acuerdo a la señal recibida por medio de las antenas WiFi presentes, calcula la posición y orientación de posiciones específicas de un ambiente real.

Desarrollo. El proceso de desarrollo del sistema consta de etapas específicas que permiten crear una aplicación que cumpla con los objetivos planteados siendo accesible para personas con discapacidad. La accesibilidad viene dado por el hecho de que sea basado en audio y háptica. El sistema entrega la información (output) por medio del uso de un motor TTS (audio) y la interacción del usuario con el dispositivo (input) se realiza por medio de la pantalla táctil y los botones del dispositivo.

La proyección determina como la información debe ser representada por medio del audio y el modo de interacción. Esta información es la necesaria para que el sistema sea funcional para el usuario. Por ejemplo, para el caso de PYOM corresponde a la habitación en que se encuentra el usuario, su ubicación, su posición, etc). La evaluación corresponde a determinar si el sistema es correcto en los datos que evalúa y la información que entrega a los usuarios.

Análisis. Con el objetivo de analizar el uso del sistema desarrollado se deben diseñar tareas específicas para estudiar el correcto impacto del sistema. En PYOM se diseñaron tareas de desplazamiento por lugares desconocidos para los usuarios ciegos en que la única guía fuera el sistema, teniendo que lograr llegar al punto de objetivo.

Validación. Esta etapa permite mejorar el sistema, redefiniendo las interfaces para mejorar la interacción del usuario. Con el objetivo de revisar el desempeño de los usuarios en las tareas definidas, se realizaron pruebas que permitieron corregir errores de diseño de la plataforma. Este proceso fue fundamental para mejorar la pertinencia del sistema a cómo los usuarios interactúan con el dispositivo móvil. Durante esta etapa se realizaron evaluaciones de usabilidad en un contexto real consistentes en utilizar el sistema para evaluar el modo de interacción y las interfaces de entrada y salida.

Realización de Focus Group

De la literatura se desprenden ciertas formas de abordar el problema de orientación y movilidad. Estudios que indican qué aspectos considerar y cuáles no al momento de diseñar una aplicación de apoyo a la orientación y movilidad de personas ciegas. Para ello, es necesario conocer la opinión de los usuarios finales y sus aprensiones frente al escenario de estar en un lugar desconocido y tener que moverse en dicho lugar (Sáenz & Sánchez, 2009).

Con el fin de obtener esta información se realizó un Focus Group al comienzo del estudio en el que participaron 4 ciegos con edades entre 19 y 34 años (Tabla 9), coordinados por 2 expertos en interfaces y 1 educadora diferencial especialista en trastornos de la visión.

Caso	Edad	Diagnóstico	Grado Visión
1	19	Retinitis Pigmentosa	Baja Visión
2	34	Retinitis Pigmentosa	Ceguera Total
3	20	Retinitis Pigmentosa	Baja Visión
4	27	Desprendimiento de retina Glaucoma	Baja Visión

Tabla 9. Usuarios participantes en el Focus Group

Al comienzo del focus group el experto plantea discutir a grandes rasgos los *“Problemas más recurrentes o más importantes que tienen los ciegos al momento de querer saber dónde están”*. Sobre esto, el caso 1 comentó: *“Me complican lugares que no conozco, por la gente que tiene otra actitud. Necesito una ayuda, un respaldo.”*. Sobre el mismo tema el caso 2 señaló, *“Los ciegos tienen esa capacidad de calcular espacios, sería genial tener un aparato que te diga si hay obstáculos para prevenir y para saber donde está uno.”*. El caso 3 planteó que lo que dificulta la ubicación en general, ya sea en espacios conocidos o desconocidos es el nivel de atención que ellos le pongan a sus movimientos, *“Es complejo mantener la atención siempre, es difícil sobre todo donde hay mucho ruido. Se debe desarrollar la habilidad. Yo diría que tiene que ver con la atención que pongo, la concentración”*.

El experto pregunta acerca de los factores que pueden ser determinantes para la atención. A esta pregunta el caso 2 planteó que al conversar con alguien es donde pierde la concentración en el espacio, no es capaz de mantener el foco en ambas partes. El caso 3 mencionó que ella siempre sigue al grupo de personas, pero que de todas formas muchas personas la confunden, *“Me pasa cuando hay mucha gente, mi ruta está establecida. La gente me confunde, me es difícil ubicarme. Yo siempre sigo al grupo”*. El caso 1 planteó que el nivel de atención no es necesario que sea tan

alto ya que en la ciudad de Santiago las personas ayudan más que en provincia a un ciego en su desplazamiento.

Se discutió acerca de la orientación, consultándoles sobre las estrategias utilizadas y los problemas encontrados. El caso 3 señaló que siempre es importante conocer el punto desde que inicia el recorrido, ya que de no saberlo se desorientarán completamente al volver. El caso 2 planteó su situación particularmente en el Metro en donde asegura que no tiene problemas, ya que tiene claro las coordenadas por dónde viaja. A pesar de esto plantea que se desorienta en estaciones que son complejas. El modo que tienen para solucionar el tema de desorientación es consultando y pidiendo ayuda. Sobre esto el experto plantea discutir acerca de qué información básica es la necesaria para llegar a destino. Sobre esto, el caso 3 afirmó “*Primero qué dirección debo ir (derecho a tu derecha), hasta dónde llegar y cómo seguir la ruta*”. Caso 2 describió en detalle el tipo de información necesaria, “*... qué pasillo, tome mi mano derecha o izquierda, distancia aproximada, ¿hay pared? con qué me encuentro y con eso me basta. Tengo una ruta definida y busco los puntos de referencia que me dijo el guardia*”. Lo que necesitan para moverse son puntos de referencia que les permita ubicarse en el espacio.

Aplicaciones

PYOMDatos

La aplicación PYOMDatos se desarrolló para obtener información precisa de los puntos de acceso que se encuentran en un determinado punto del espacio. Con esto, la información leída por la aplicación PYOM es comparada con la obtenida por PYOMDatos y así se puede saber la ubicación y orientación de la persona.

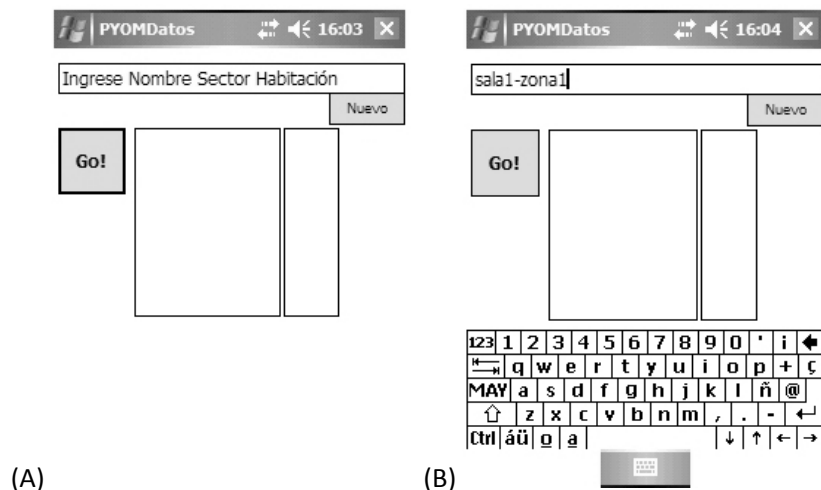


Figura 23. Interfaz de PYOMDatos (A) Interfaz Inicial (B) Interfaz con teclado virtual

La interfaz de la aplicación es sencilla. En esta se debe especificar el nombre de la habitación y el sector dentro de la misma donde se medirá la señal de los puntos de accesos (Figura 23A). Para esto el usuario selecciona el botón Nuevo, en que aparece el teclado virtual de la PocketPC (Figura 23B). Una vez especificado este dato al presionar el botón Go!, la aplicación comienza el proceso de obtención de los datos.

Una vez finalizado el proceso (barra de progreso completada) el usuario puede seleccionar un nuevo punto de medición y luego presionar el botón Go! Esto se puede hacer todas las veces que sea necesario según las mediciones que se quiera obtener.

Cuando se quiere medir la calidad de señal Wi-Fi para obtener conexión, basta considerar 5 rangos desde -90 decibeles hasta -6 decibeles (considerando cada rango como muy buena calidad, buena calidad, calidad regular, mala calidad y muy mala calidad). En el caso de querer identificar pequeños cambios en la intensidad de señal para así discernir la orientación del usuario frente a un punto de acceso, es necesario considerar muchos más rangos, por lo que para medir la calidad de señal se consideraron 19 rangos.

La medición va desde -90 decibels considerado un nivel de señal deficiente hasta -5 con un nivel de señal bueno con rangos entre 5 decibels cada uno. Gracias a esto es posible medir cambios de señal al estar el usuario frente o a espaldas a un determinado lugar.

La distribución de los puntos de acceso se hizo considerando 4 puntos de acceso por cada habitación representada en el sistema (Figura 24). Teniendo estos cuatro puntos se puede lograr tener una medición de la calidad de señal de los cuatro puntos de acceso en cualquier lugar de la habitación. Esta medición se almacena y luego, en tiempo real, la aplicación usuaria realiza constantes mediciones de la calidad de señal para comparar los resultados y así determinar la posición y orientación del usuario.

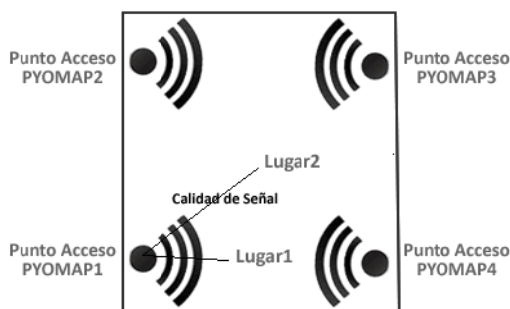


Figura 24. Ubicación puntos de acceso de una habitación

PYOMAP1;14;PYOMAP2;12;PYOMAP3;12;PYOMAP4;10
 PYOMAP1;14;PYOMAP2;10;PYOMAP3;12;PYOMAP4;10
 PYOMAP1;15;PYOMAP2;10;PYOMAP3;12;PYOMAP4;11
 PYOMAP1;15;PYOMAP2;11;PYOMAP3;12;PYOMAP4;11
 PYOMAP1;12;PYOMAP2;11;PYOMAP3;11;PYOMAP4;11
 PYOMAP1;14;PYOMAP2;12;PYOMAP3;12;PYOMAP4;11
 PYOMAP1;14;PYOMAP2;12;PYOMAP3;12;PYOMAP4;11
 PYOMAP2;12;PYOMAP3;12;PYOMAP4;12;PYOMAP1;14
 PYOMAP2;12;PYOMAP1;14;PYOMAP3;12;PYOMAP4;11
 PYOMAP2;12;PYOMAP1;14;PYOMAP3;12;PYOMAP4;12

Tabla 10. Medición de la calidad de señal de todos los puntos de acceso de una habitación en un determinado punto de la habitación. Para el ejemplo el lugar corresponde a Lugar1

PYOMDatos ubica todos los puntos de acceso y su calidad de señal en el punto de medición. Por cada punto se realizan 10 mediciones de manera tal de obtener datos más confiables. Una vez finalizado el proceso se obtiene un archivo de texto con las mediciones realizadas (se almacena el valor módulo de los decibeles). Este archivo de texto es un CSV (Comma-Separated Values) que contiene los datos separados por punto y coma, nombre del punto de acceso y la calidad de señal correspondiente (Tabla 10). Los datos de ejemplo que se muestran en la Tabla 10 corresponden a un punto de medición ubicado en Lugar1 en la figura 24. De estos datos se aprecia que el punto PYOMAP1 tiene mejor calidad de señal respecto a los otros tres puntos de acceso ubicados en la habitación, ya que los valores medidos para ese punto son los más altos.

PYOMDatos fue desarrollado en Microsoft Visual Studio .Net con el lenguaje C#. Esta aplicación se puede ejecutar en un computador con sistema operativo Windows Mobile 5.0. PYOMDatos contiene básicamente 3 clases, una clase para controlar el motor TTS, una clase para administrar el cliente, y una clase para manejar la interfaz gráfica (Figura 25).

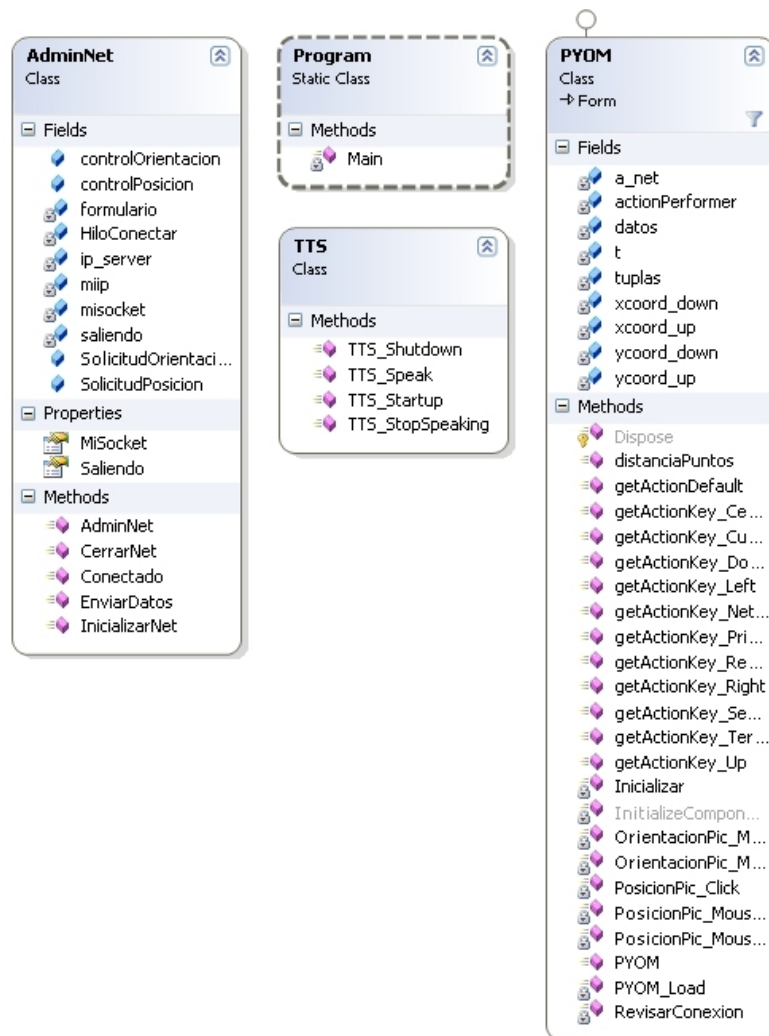


Figura 25. Diagrama de clases del proyecto PYOMDatos

PYOMAnalyses

Esta aplicación se desarrolló para procesar los valores obtenidos por PYOMDatos y obtener los valores necesarios para entregar la información correcta a los usuarios ciegos. Los valores que se necesitan obtener son un mínimo y un máximo de calidad de señal para cada punto de acceso medido en una zona. Estos datos serán necesarios para el matching que se hará más tarde desde la aplicación PYOM para identificar la ubicación y posición del usuario en el espacio.

En la interfaz de PYOMAnalyses el usuario debe cargar los archivos a procesar que son los CSV generados por PYOMDatos. Se pueden cargar todos los archivos necesarios o bien agregar otros (Figura 26). Una vez agregados los archivos se escriben los textos correspondientes de posición y orientación a cada sector, los que serán entregados al usuario al momento de realizar una consulta (Figura 27).

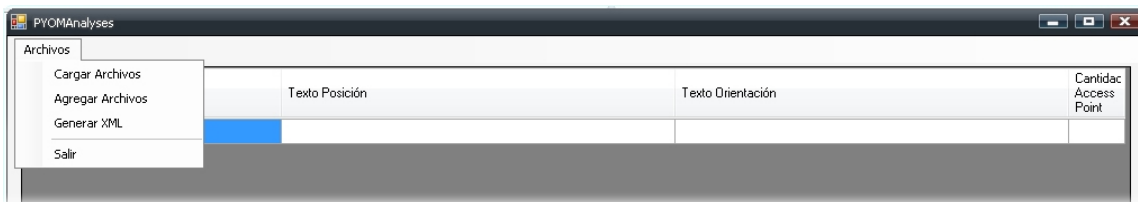


Figura 26. Carga de Archivos en PYOMAnalyses



Figura 27. Interfaz para agregar textos de posición y orientación de cada uno de los archivos

La aplicación PYOMAnalyses se desarrolló en Visual Studio .Net con el lenguaje C# y el framework 2.0. Es una aplicación para computador con sistema operativo Windows XP o superior.

Las clases desarrolladas para esta aplicación son tres, una que controla la interfaz y el proceso de generar el archivo XML (PYOMAnalyses), una segunda que ayuda a procesar el archivo .CSV proveniente de la aplicación PYOMDatos (iTokenizer), y otra que se encarga de realizar todo el cálculo de los mínimos y máximos por sector (Proceso) (Figura 28).

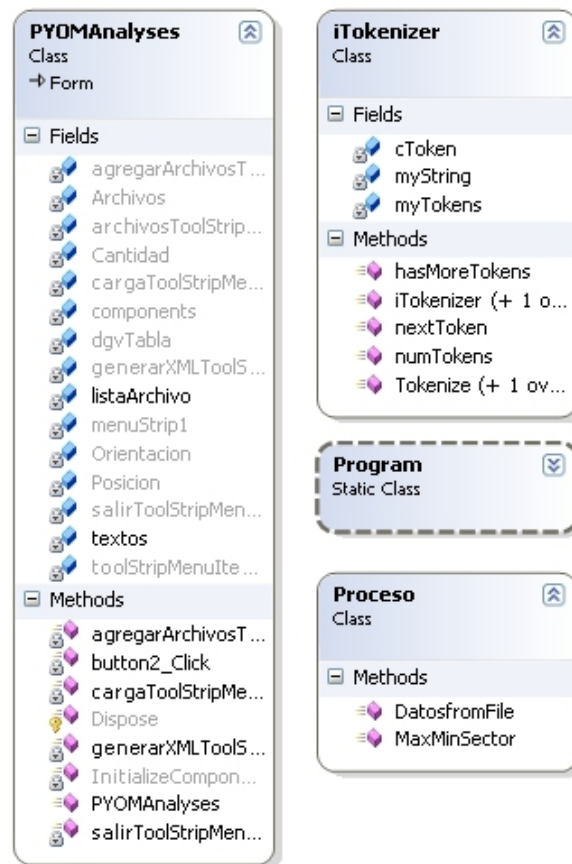


Figura 28. Diagrama de clases de la aplicación PYOMAnalyses

```

- <sectores valor="17">
- <sector textoPosicion="Oficina de Investigaci y Desarrollo" textoOrientacion="Est s adelante del puesto de Angelo" accesspoint="4">
  <AccessPoint name="PYOMAP1" min="11" max="12"/>
  <AccessPoint name="PYOMAP2" min="10" max="10"/>
  <AccessPoint name="PYOMAP3" min="12" max="12"/>
  <AccessPoint name="PYOMAP4" min="7" max="10"/>
</sector>
- <sector textoPosicion="Oficina de Investigaci y Desarrollo" textoOrientacion="Est s a la izquierda del puesto de Angelo" accesspoint="4">
  <AccessPoint name="PYOMAP1" min="9" max="10"/>
  <AccessPoint name="PYOMAP2" min="10" max="12"/>
  <AccessPoint name="PYOMAP3" min="6" max="7"/>
  <AccessPoint name="PYOMAP4" min="7" max="8"/>
</sector>
- <sector textoPosicion="Oficina de Investigaci y Desarrollo" textoOrientacion="Est s ar s del puesto de Angelo" accesspoint="4">
  <AccessPoint name="PYOMAP1" min="10" max="10"/>
  <AccessPoint name="PYOMAP2" min="11" max="12"/>
  <AccessPoint name="PYOMAP3" min="11" max="12"/>
  <AccessPoint name="PYOMAP4" min="6" max="7"/>
</sector>

```

Figura 29. Estructura de archivo .XML generado por la aplicación PYOMAnalyses

El archivo .XML generado corresponde a un tag principal que contiene los sectores almacenados. Para cada sector se almacena el texto de posición y el texto de orientación asociado. La cantidad de puntos de acceso también es almacenada según cada sector. La información requerida para hacer el cálculo de matching luego con la aplicación PYOM es el nombre, y el valor mínimo y máximo de señal de cada uno de los puntos de acceso (Figura 29).

ServerPYOM

La aplicación ServerPYOM contiene toda la información necesaria para entregar respuesta de orientación y posición a un usuario cuando este lo requiera por medio de la interacción con su dispositivo PocketPC.

En una primera versión de la aplicación ServerPYOM la orientación del usuario se entregaba por medio de lateralidad. El usuario se encontraba a la derecha, izquierda, adelante o atrás de los objetos. Este modo de orientación no era suficiente para los usuarios y necesitaban de información más precisa y concreta. Según los resultados obtenidos de la evaluación de usabilidad inicial se obtuvo que el mejor método para entregar la orientación al usuario sea por medio de la metáfora de reloj.

En esta metáfora el usuario siempre se encuentra frente a las 12.00 horas estando al centro del reloj (Sánchez et al., 2007). Las direcciones en que el sistema entrega información de ubicación de diferentes objetos o lugares corresponden a las horas de reloj respectivas. La información es exacta según la hora y es aproximada si es que correspondiese alguna dirección intermedia entre alguna hora. En la Figura 30 se muestra un ejemplo de dirección en que el objeto se encuentra a las cuatro.

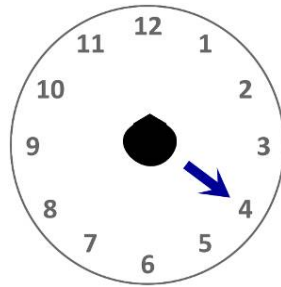


Figura 30. Metáfora de reloj para orientar espacialmente al usuario

La interfaz de ServerPYOM tuvo dos diseños. El primero se realizó en base a los resultados obtenidos en el Focus Group, en que si bien respondía a lo requerido por los usuarios, no era capaz de dar respuestas a toda la información que necesitaban (Figura 31A). En la primera evaluación de usabilidad se detectó que la información proporcionada por la aplicación no era suficiente y era necesario ser más preciso y proveer información más detallada al usuario. Gracias a esto se rediseñó la interfaz y la información que se debía entregar al usuario (Figura 31B).

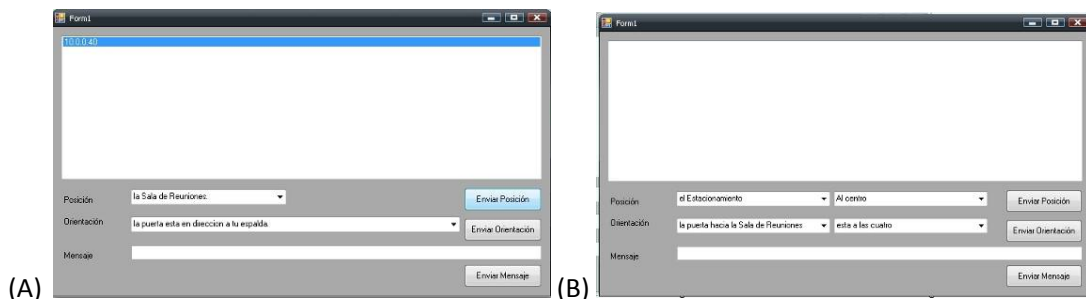


Figura 31. Interfaces de ServerPYOM. (A) Interfaz inicial de ServerPYOM (B) Interfaz final de ServerPYOM

Cada vez que una PocketPC se conecta a la red el servidor lo detecta y queda listo para comunicarse con el dispositivo. Los dispositivos conectados aparecen listados en el cuadro superior y el facilitador debe seleccionar el dispositivo al que se le enviará la información.

Cuando el usuario consulta por la posición u orientación, en la interfaz aparece un mensaje de pedido al que el facilitador debe contestar enviando el dato solicitado. En el caso de la posición, el facilitador debe proporcionar esta información por medio de la selección del lugar en que se encuentra y el sector en particular en que se ubica dentro de dicho lugar. En el ejemplo de la figura 20B el usuario se encuentra en el estacionamiento al centro. Para el caso de la orientación, esta se proporciona según puntos clave dentro de la habitación identificando la dirección en que este punto se encuentra. En el ejemplo de la Figura 31B la orientación viene dada por la puerta de la sala de reuniones que se encuentra en dirección a las cuatro.

La arquitectura utilizada es la de cliente-servidor. Al servidor se le asigna la dirección IP 10.0.0.1 con una máscara 255.255.255.0, y el nombre de la red es PYOM. Las IP de las PocketPC son acorde al número del dispositivo. Por ejemplo con la PocketPC que siempre se trabajó fue el número 40 por lo que la IP asignada correspondió a 10.0.0.40. Gracias a esto se puede tener un orden de trabajo y conocimiento del dispositivo conectado.

Esta aplicación fue desarrollada en Microsoft Visual Studio .Net con el lenguaje C#. Para ser ejecutado es necesario contar con el framework 2.0. La aplicación ServerPYOM se puede ejecutar en un computador con sistema operativo Windows XP o superior.

La aplicación ServerPYOM básicamente constó de dos clases, una clase para manejar la comunicación con la red ad-hoc (ThreadedTcpSrvr) y otra para manejar la interfaz del usuario (ServerPyom) (Figura 32).

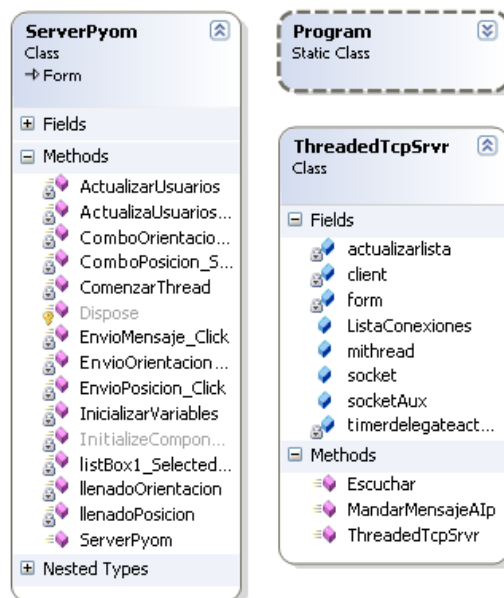


Figura 32. Diagrama de clases de la aplicación ServerPYOM

PYOM

PYOM, Posición y Orientación Móvil es el nombre que recibe la aplicación usuaria. Orientada completamente para un uso de parte de usuarios ciegos, todo el output de información se entrega por medio de audio.

Como ya sabemos es más sencillo para los usuarios ciegos utilizar la pantalla táctil que los botones que posee la PocketPC. Sin embargo, no es bueno saturar la interfaz táctil, por lo que dos acciones menores de la aplicación se cargan a la botonera del dispositivo. Dentro de los cuatro botones que tiene este dispositivo los extremos son fáciles de identificar por los usuarios ciegos. El botón de la izquierda es para entregar ayuda al usuario, al presionar este botón el usuario conoce la forma de interactuar con la aplicación. Al iniciar PYOM, se le dan instrucciones al usuario acerca de los botones que se utilizan en el dispositivo. El botón de la derecha sirve para abandonar y cerrar la aplicación (Figura 33).



Figura 33. Botonera utilizada de la PocketPC

La pantalla se divide en dos partes de forma vertical. En cada parte vertical de la pantalla táctil (izquierda y derecha), el usuario puede interactuar utilizando sus dedos, ejecutando el comando correspondiente. En el rectángulo izquierdo el usuario puede pedir información acerca de su posición en el espacio, mientras que en el derecho puede solicitar información acerca de su orientación. Para que el dispositivo reconozca la instrucción es necesario que el usuario haga un recorrido con su dedo desde abajo hacia arriba, no necesariamente en línea recta pero lo más parecido posible (Figura 34)

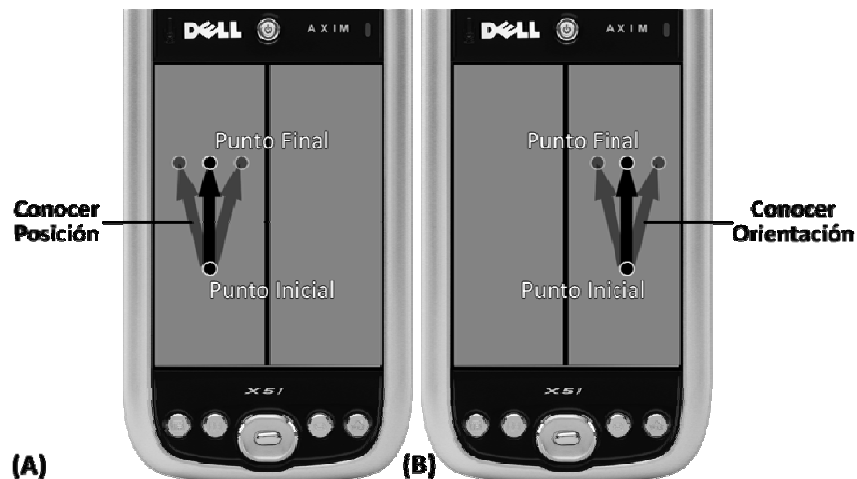


Figura 34. Interfaz de Entrada de PYOM. (A) Modo de uso para solicitar Posición. (B) Modo de uso para solicitar orientación

La interfaz de salida para usuarios ciegos utiliza texto hablado sintetizado, logrando un traspaso total de la información por medio directo o bien utilizando audífonos conectados al dispositivo PocketPC. Este texto sintetizado se logra por medio del uso de un motor Text-to-Speech (TTS) del grupo Acapella, por lo que la información entregada puede ser dinámica y variar sin problemas ni costos adicionales de grabación (Figura 35).

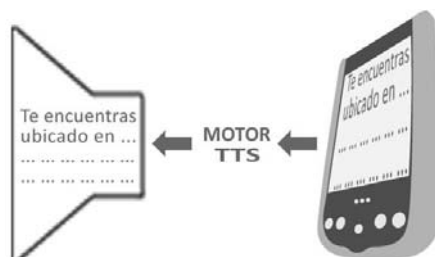


Figura 35. Diagrama de funcionamiento del Text-to-Speech

Hubo dos fases de trabajo con la aplicación PYOM. La primera fase consistió en conocer las necesidades reales de los usuarios para un sistema de posición y ubicación. La segunda fase consistió en llevar a una aplicación real el uso del sistema.

Fase 1

En esta fase se trabajó bajo una arquitectura de cliente-servidor, en que la PocketPC tenía la aplicación cliente y en un notebook la aplicación servidor (serverPYOM), la que contiene toda la información necesaria para entregar respuesta de orientación y posición a un usuario cuando este lo requiera por medio de la interacción con su dispositivo PocketPC.

Mediante una red ad-hoc se comunican ambas aplicaciones y el usuario puede solicitar información de posición u orientación, con lo que un mensaje es enviado al servidor y desde este es devuelta la información solicitada (Figura 36).

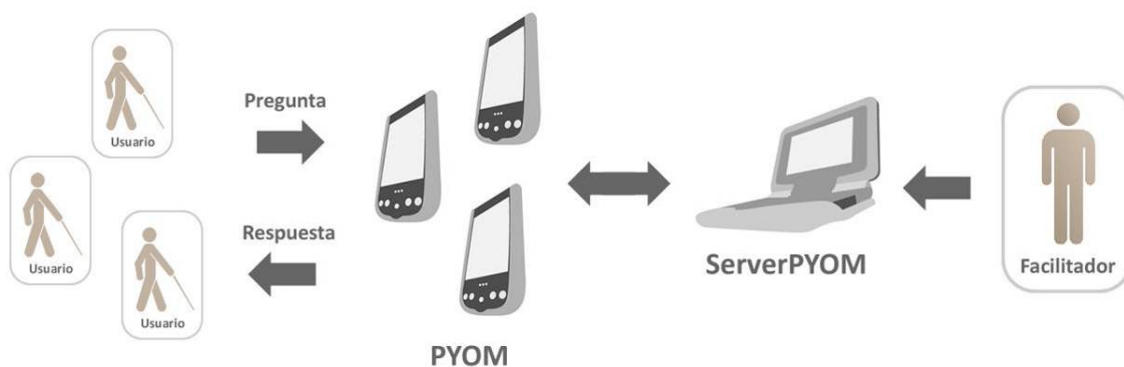


Figura 36. Diagrama de comunicación con el sistema en la fase 1

Fase 2

En esta fase ya no es necesario contar con la aplicación servidor. La arquitectura consiste de una red ad-hoc con diversos puntos de acceso en la habitación. La aplicación PYOM detecta la ubicación y orientación del usuario según datos de intensidad de señal de diferentes puntos de acceso ubicados en la habitación. La señal de los puntos de acceso son recolectada y analizada

previamente con la aplicación PYOMDatos, lo que después se analiza con la aplicación PYOMAnalyses generándose un archivo XML con toda la información necesaria a ser contrastada con los datos obtenidos por PYOM (Figura 37).

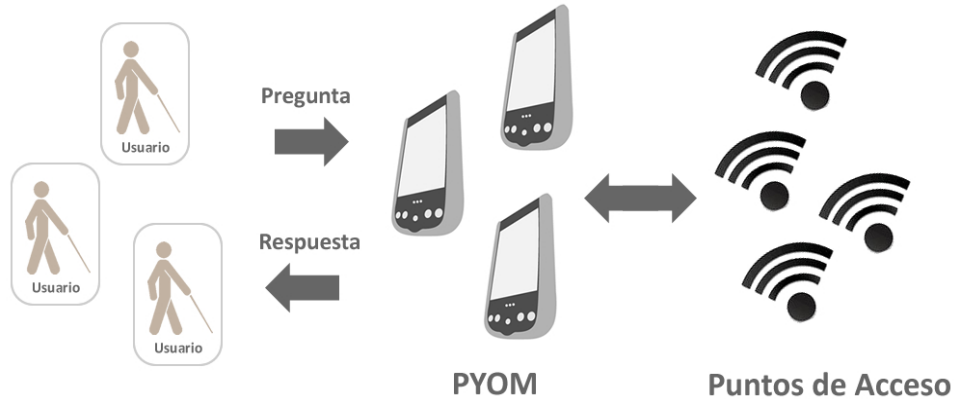


Figura 37. Diagrama de comunicación de la aplicación PYOM en la fase 2

La aplicación PYOM se desarrolló en Microsoft Visual Studio .Net en lenguaje C# para dispositivos PocketPCs. Este software puede ser ejecutado en computadores con sistema operativo Windows Mobile 5.0.

Esta aplicación varió en su composición según la fase de desarrollo en que se encontraba. En la fase 1 la solución contaba sólo con dos proyectos dependientes entre sí. El primer proyecto consistió en el controlador de los botones de la PocketPC de nombre ButtonManager, este proyecto estaba compuesto por 1 clase principal de nombre ActionPerformer y otras dos clases que permitían control y un correcto funcionamiento sobre el joystick y los botones del dispositivo PocketPC (Figura 38). El segundo proyecto fue el principal, PYOM, el que contenía a 3 clases básicamente, una clase para controlar el motor TTS, una clase para administrar el cliente, y una clase para manejar la interfaz gráfica (Figura 39).

En la fase 2 se debió agregar un tercer proyecto para poder controlar el manejo del adaptador Wi-Fi y la detección de los puntos de acceso. Para ello se trabajó con una adaptación de la librería OpenNETCF.Net que se puede descargar desde Internet para su uso particular.

Este proyecto contiene las clases necesarias tal de poder controlar la detección de puntos de acceso y manejar la información necesaria según el nivel de calidad de cada uno (Figura 40). En esta fase 2 ya no es necesario contar con la clase de manejo de la estructura cliente-servidor, por lo que la clase AdminNet ya no es necesaria, y sólo se debe trabajar con las clases de comunicación con los puntos de acceso.

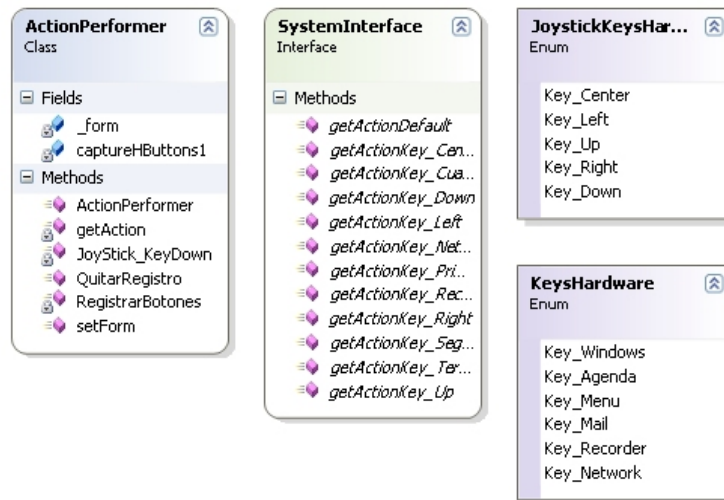


Figura 38. Diagrama de clases del proyecto ButtonManager

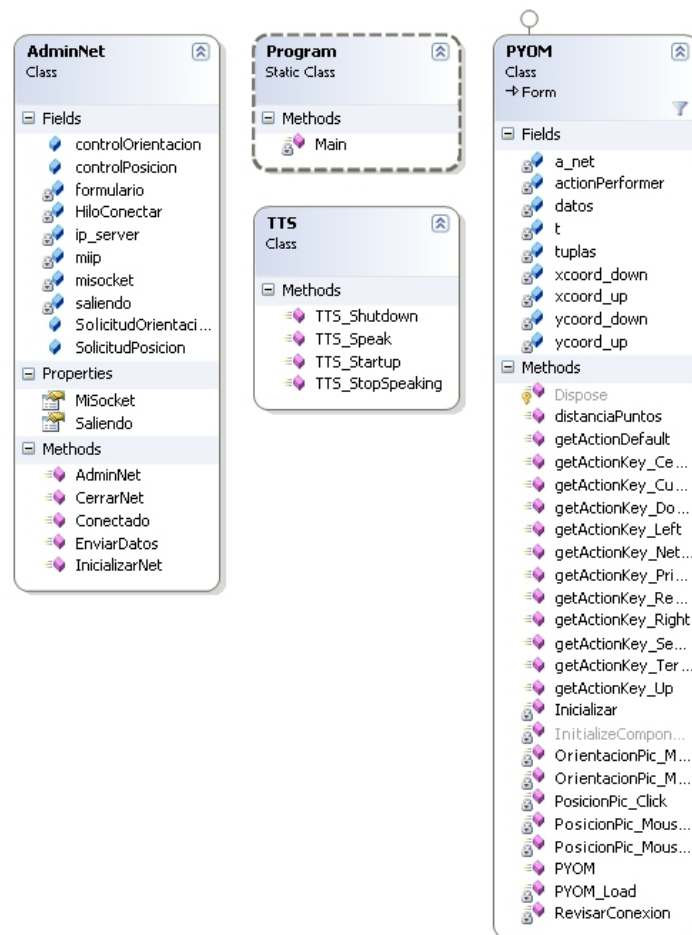


Figura 39. Diagrama de clases del proyecto PYOM

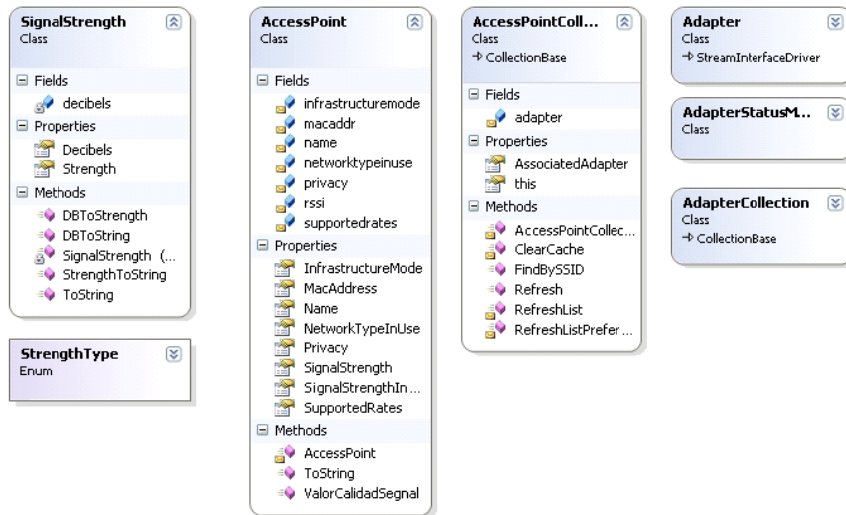


Figura 40. Diagrama de clases utilizadas del OpenNETCF.Net para controlar la detección de los puntos de acceso

PYOMSystem

Inicialmente PYOMDatos obtiene toda la información de los puntos de acceso asociados a un determinado punto, que es almacenada en un archivo CSV definido por el facilitador, lo cual se debe hacer para todos los puntos que se quieran representar. Esta información es leída por la aplicación PYOMAnalyses el que procesa y genera un XML que será utilizado por la aplicación PYOM, que captura la señal desde los puntos de acceso y hace matching con la información almacenada en el XML, conociendo la ubicación y orientación del usuario. Toda la información que el sistema debe entregar al usuario está almacenada en el archivo XML (Figura 41).

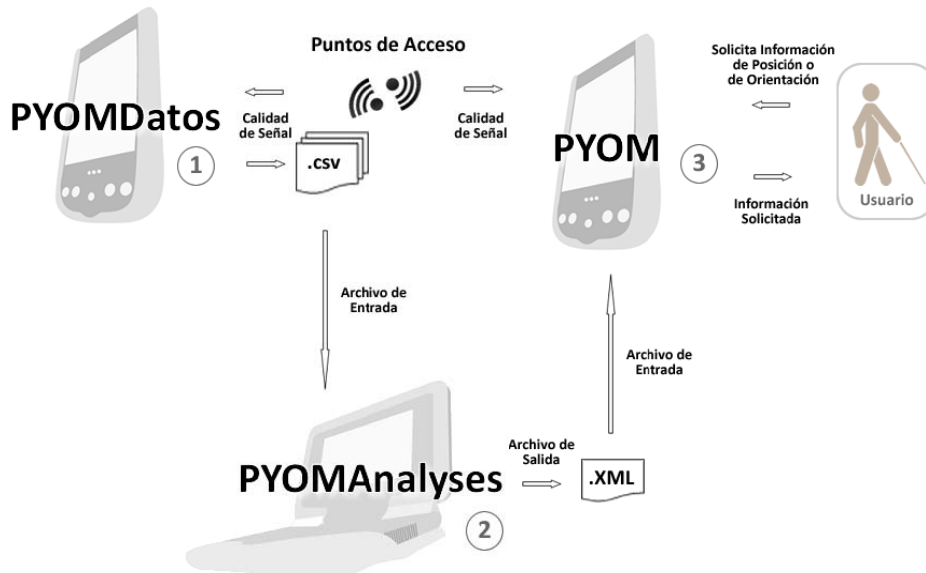


Figura 41. Arquitectura de obtención y utilización de los datos en el PYOMSystem

VI. Evaluación

Usabilidad de Usuario Final

La usabilidad de usuario final se realizó con una metodología de estudio de caso ya que no es posible contar con un número elevado de usuarios. Así, como no se tiene la opción de trabajar con amplias muestras y seguir un protocolo rígido de examinación, el método de estudio de caso involucra un análisis para cada uno de los participantes (Soy, 1996). La gran ventaja de utilizar una metodología de estudio de caso es la de no requerir un mínimo de casos y la no necesaria selección de participantes de forma aleatoria (Tellis, 1997). Con esta metodología se logra obtener resultados de los casos que permiten contribuir a construir las conclusiones al estudio completo.

Muestra

La muestra estuvo constituida por 5 usuarios con edades entre los 14 y 34 años, 2 mujeres y 3 varones. La muestra estuvo compuesta, en base a su diagnóstico oftalmológico, por 3 ciegos totales y 2 con visión residual (Tabla 11). De esta muestra sólo 3 usuarios participaron también del focus group.

Caso	Edad	Diagnóstico Oftalmológico	Grado Visión
1	34	Retinitis Pigmentosa	Ceguera Total
2	20	Retinitis Pigmentosa	Baja Visión
3	27	Desprendimiento de retina Glaucoma	Baja Visión
4	14	Retinopatía del prematuro Desprendimiento de retina	Baja Visión
5	15	Degeneración tapeto retinal bilateral Nistagmus horizontal congénito retinitis	Baja Visión

Tabla 11. Usuarios participantes de la evaluación de usabilidad de usuario final

Del total de los 5 usuarios, 3 participaron en dos evaluaciones y los otros 2 sólo en la última. En esta última los 2 usuarios no conocían el centro de investigación.



Figura 42. Testeo Inicial de usabilidad de la aplicación PYOM utilizando ServerPYOM

La evaluación fue guiada por un ingeniero experto en interfaces y una educadora diferencial especialista en trastornos de la visión (Figura 42).

Instrumentos

Para la evaluación de usuario final se utilizó una pauta adaptada de la pauta de Usabilidad de Software para Niños Ciegas diseñada por Sánchez (2003) (Anexo 1). Esta pauta consiste de 15 sentencias en las que los usuarios deben definir en qué nivel se cumple cada una de ellas respecto de una escala Poco a Mucho, con valores cuantitativos desde 1 (poco) a 10 (mucho). Las sentencias corresponden a “Me gusta el software”, “El software es útil”, “El software me hace estar activo”, “Volvería a ocupar el software”, “Recomendaría este software a otros niños/jóvenes”, “Aprendí con este software”, “Me sentí controlando las situaciones del software”, “El software es interactivo”, “El software es fácil de utilizar”, “El software es motivador”, “El software se adapta a mi ritmo”, “El software me permitió entender nuevas cosas”, “Me gustan los sonidos del software”, “Los sonidos del software son claramente identificables”, y “Los sonidos del software me transmiten información”. Además de esto la pauta considera 5 preguntas abiertas, “¿Qué te gustó el software?”, “¿Qué no te gustó el software?”, “¿Qué agregarías al software?”, “¿Para qué crees que te puede servir el software?”, “¿Qué otros usos le darías al software?”, “¿Te gustó utilizar el joystick? ¿Por qué?” Y un espacio para observaciones o comentarios.

Junto con esta pauta, se trabajó también con una Pauta de Evaluación con Preguntas Abiertas, la que contiene 10 preguntas relacionadas con el uso de la aplicación y su aplicabilidad. Entre otras preguntas están “¿La información que te entrega el software, es suficiente para saber qué hacer y lo que sucede?” y “¿Qué te parecieron los sonidos del juego?, ¿Le agregarías más?” (Anexo 2).

Junto con estos dos instrumentos, también se utilizó una pauta especialmente diseñada para evaluar la aplicación PYOM (Pauta de Evaluación PYOM). Su estructura fue de 3 preguntas abiertas centrándose en conocer problemas relacionados directamente con el uso de la aplicación. Las preguntas consistieron en “En el software, ¿Cuáles fueron tus problemas de ubicación?”, “¿Cuáles fueron tus problemas de orientación?” y “¿El software te es útil?” (Anexo 3).

Procedimiento

La evaluación se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento (C5) del Departamento de Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. La evaluación de usabilidad de usuarios finales fue realizada a la aplicación principal del sistema, PYOM. Se llevó a cabo dos testeos de usabilidad. El testeo inicial se realizó durante una sesión de 2 horas. En esta sesión los usuarios ejecutaron la tarea de llegar a un punto específico dentro del edificio C5. Este recorrido lo realizaron sin la ayuda del bastón y sin ningún tipo de asesoría más que la otorgada por sistema PYOMSystem. El punto de partida del recorrido fue la sala de reuniones del centro y debían lograr llegar al hall de acceso. El recorrido era conocido en parte por los participantes (Figura 43).

El testeo final se llevó a cabo en una sesión que tuvo lugar en el C5, con una duración de 3 horas. En esta sesión los usuarios llegaron a un punto del edificio donde nunca habían estado, por lo que la ruta y su ubicación era totalmente desconocida. El recorrido en cuestión consistió en llegar desde la sala de reuniones hasta la oficina de investigación y desarrollo del centro.

La evaluación se realizó por medio de un trabajo individual con cada uno de los usuarios, en que a su propio ritmo debían lograr llegar al punto de destino definido (Figura 44). Una vez que los usuarios terminaron el recorrido se les aplicó la pauta adaptada de Usabilidad de Software para Niños Ciegos, la Pauta de Evaluación con Preguntas Abiertas y la Pauta de Evaluación PYOM.

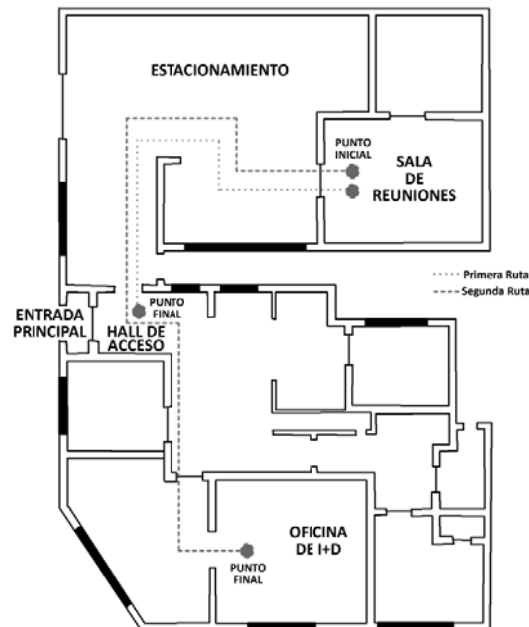


Figura 43. Rutas recorridas en las sesiones de evaluación. Primera ruta es la que recorrieron los usuarios en la primera sesión, y Segunda ruta es la que recorrida en la segunda sesión.



Figura 44. Participantes del testeo Final de Usabilidad de la aplicación PYOM

Resultados

Las respuestas obtenidas de la pauta de evaluación de la aplicación PYOM son claras y denotan una falta de información de parte del sistema. En relación con los problemas de posición, los

usuarios apuntaron a que necesitaban más detalle acerca de la habitación donde se encontraban o bien a ser más preciso en la posición en la misma, por ejemplo, decir si se encontraban al centro o cerca de puntos de referencia como la puerta de acceso o algún otro. Uno de los usuarios dice *“La información debe ser más específica. Por ejemplo Sala de Reuniones – en el centro, al final, al medio.”*, otro usuario dijo *“Faltan detalles, en qué lugar está en el espacio físico (al medio, al principio)”*.

Sobre la orientación precisan tener mejor forma de orientarse por medio de lugares claves o bien por la técnica del reloj ya conocida por ellos por su utilización en el software *ambientGPS* (Sánchez et al., 2007). Uno de los usuarios dijo *“[se precisa la] Técnica del reloj, para entregar información más específica y tener más clara la dirección, es más fácil así”*.

Finalmente, ante la pregunta si el software es útil, todos los usuarios están de acuerdo en que es de utilidad y permite que una persona pueda navegar por un lugar desconocido y llegar a destino.

De la Pauta de Evaluación con Preguntas Abiertas se obtuvo valiosa información. De la primera evaluación de usabilidad los usuarios criticaron la falta de detalles y de información otorgada por la aplicación PYOM. En la pregunta *“¿La información que te entrega el software, es suficiente para saber qué hacer y lo que sucede?”*, todos los usuarios concordaron en que la información era escasa y que requería mayor detalle tanto para la posición como para la orientación. Un usuario afirma, *“No es suficiente, falta mayor detalle y descripción del espacio físico respecto a los movimientos del usuario”*. A la pregunta *“¿Qué crees que le falta al software para mejorarlo?”*, un usuario afirmó *“La entrega de mayor información”* y otro comentó *“...que los comandos de orientación y ubicación den mayores referencias al momento de dar las indicaciones”*.

En esta evaluación los usuarios también dieron cuenta que la interfaz de audio utilizada les era cómoda para interactuar, *“Es fácil de usar, la información que entrega es clara y la voz es clara”*. Sobre las teclas utilizadas y las funcionalidades afirman *“Sí, eran fácil, usa pocas y [son] fáciles de presionar”*.

Para el análisis de la Pauta de Usabilidad de Usuario Final se agrupan las sentencias en tres categorías: Satisfacción, Control & Uso, y Sonidos. Para cada una de estas categorías se obtiene un puntaje promedio otorgado por todos los usuarios de la muestra logrando una evaluación detallada de diferentes aspectos de la aplicación (Sáenz & Sánchez, 2009).

En el primer testeo de usabilidad los resultados fueron bajos en relación a lo esperado. Del total de los 10 puntos máximos que cada categoría puede obtener, todos estuvieron en la media (1 = menor usabilidad, 10 = mayor usabilidad). Las categorías Satisfacción y Control & Uso obtuvieron el menor puntaje con 5,3 puntos, mientras que Sonidos fue mayor con 6,2 puntos (Figura 45).

A pesar de estos resultados generales, en particular, la sensación de controlar todas las acciones de la aplicación fue muy bien evaluada (7,6 puntos), así como que el software es de fácil uso (9,3 puntos). El hecho que los sonidos transmiten información fue un punto muy bien evaluado con un promedio de 9,3 puntos. Las sentencias de evaluación más baja fueron que el software se adapta a mi ritmo (3,3 puntos), me gustan los sonidos del software y el software es motivador, estas últimas con 4,3 puntos.

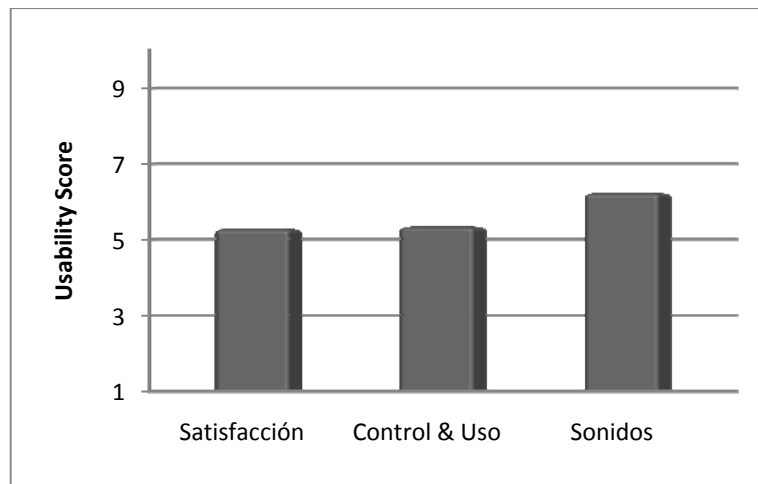


Figura 45. Resultados en el testeo inicial de usabilidad según categorías

Si separamos a la muestra por género, el género femenino evaluó mejor la aplicación, pero sin diferencia significativa con los hombres, teniendo una diferencia mayor en el Control & Uso de la aplicación ($F = 1,333$, $p > 0,05$; femenino = 6 puntos, masculino = 5 puntos), luego en la Satisfacción con la aplicación ($F = 0,435$, $p > 0,05$; femenino = 5,8 puntos, masculino = 5 puntos) y la menor diferencia en la evaluación de los Sonidos ($F = 0,006$, $p > 0,05$; femenino = 6,3 puntos, masculino = 6,1 puntos)(Figura 46).

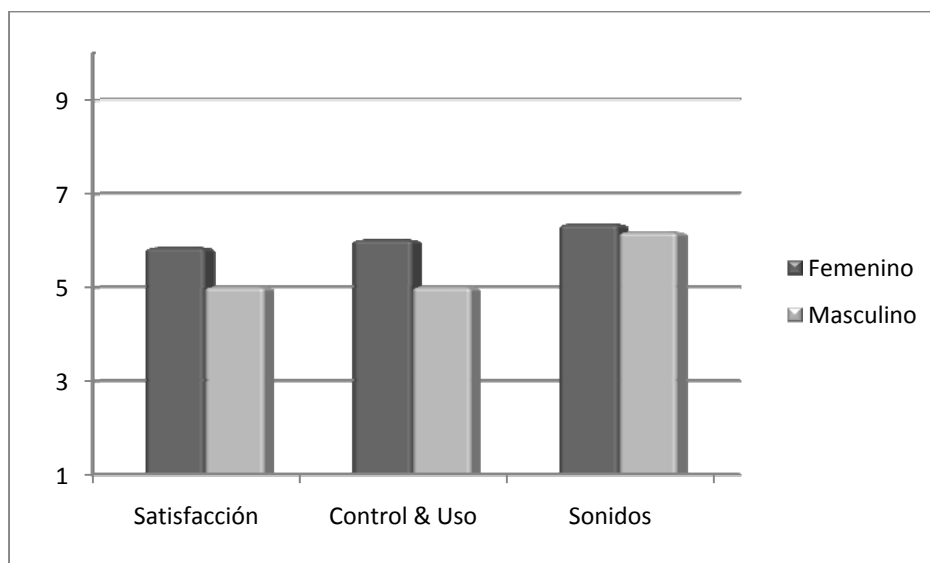


Figura 46. Resultado de evaluación de usabilidad en el testeo inicial según género

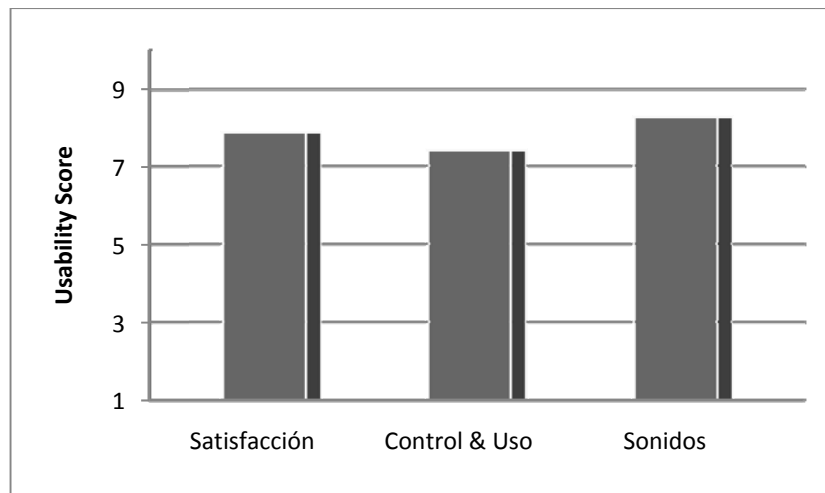


Figura 47. Resultado en el testeo final de usabilidad según categorías

En el testeo final de usabilidad los resultados si bien no tuvieron una diferencia significativa ($t = -1,756$, $p > 0,05$), fueron superiores al primer testeo y hubo una mejora considerable esperada a los cambios realizados en base a los resultados de la primera evaluación. La categoría que obtuvo la mejor evaluación siguió siendo la de los Sonidos con 8,3 puntos, después estuvo Satisfacción con 7,9 puntos y finalmente Control & Uso con 7,4 puntos (Figura 47).

“El software es fácil de utilizar” y “Los sonidos me transmite información” son las dos sentencias que obtuvieron mejor evaluación con 9,8 puntos y 9,6 puntos respectivamente. “El software se adapta a mi ritmo” siguió siendo la aseveración con más baja evaluación con un puntaje de 3,6. Esto se puede explicar ya que la aplicación entrega información de posición y orientación según lo solicitado por el usuario, siendo el mismo proceso y la misma información si el usuario es novato o más avanzado.

Si observamos los resultados según género, los hombres evaluaron de mejor forma la Satisfacción ($F = 1,335$, $p > 0,05$; masculino = 8,7 puntos, femenino = 6,5 puntos) y el Control & Uso ($F = 0,044$, $p > 0,05$; masculino = 7,5 puntos, femenino = 7,2 puntos) de la aplicación PYOM. Los sonidos de la aplicación fue mejor evaluado por las mujeres ($F = 0,268$, $p > 0,05$; masculino = 8,1 puntos, femenino = 8,5 puntos) (Figura 48).

El testeo final obtuvo una mejor evaluación que el primero, pero sin diferencias significativas, logrando 2,6 puntos más en Satisfacción ($t = -1,015$, $p > 0,05$; test inicial = 5,3 puntos, test final = 7,9 puntos), 2,1 puntos de diferencia en Control & Uso ($t = -1,973$, $p > 0,05$; test inicial = 5,3 puntos, test final = 7,4 puntos), y 2,1 puntos de diferencia en Sonidos ($t = -2,113$, $p > 0,05$; test inicial = 6,2 puntos, test final = 8,3 puntos) (Figura 49).

En la primera aplicación de la Pauta de Evaluación de Usuario Final los usuarios no contestaron las preguntas abiertas. En la segunda evaluación hubo algunas respuestas que fueron relevantes. Sobre los aspectos que gustaron de la aplicación los usuarios se sienten en sintonía con el método de reloj y la especificación de la información que otorga, “*Me gusta que tenga incorporado el sistema de reloj, eso es claro. También que sea específico para el lugar cerrado, porque es difícil ubicarse en lugares que no conoces*”, “*El reloj da una dirección más específica del lugar de destino*”, “[valor] *La técnica del reloj porque es conocida y fácil adaptarse a ella*”.

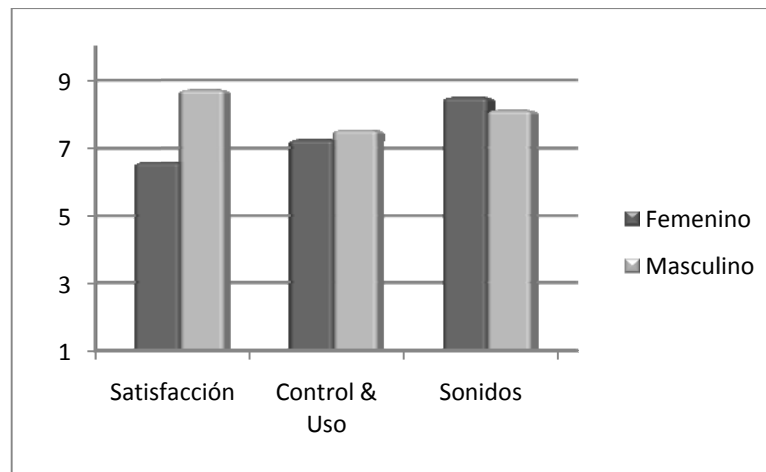


Figura 48. Resultado de la evaluación de usabilidad según género de la aplicación PYOM

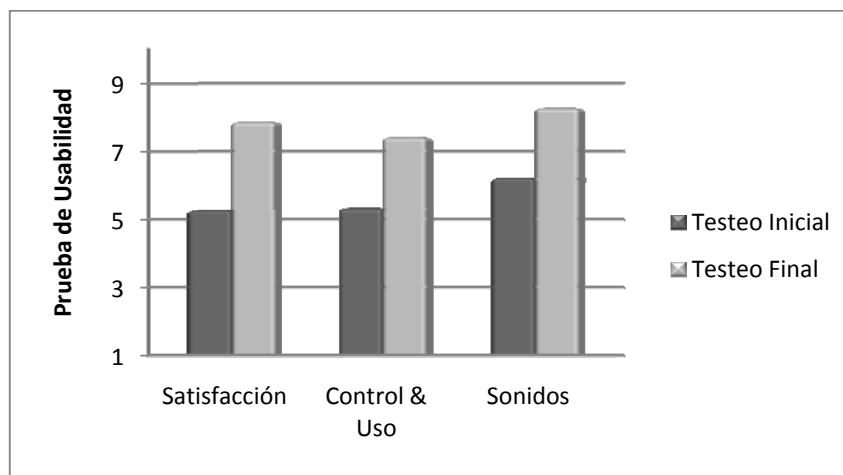


Figura 49. Resultado comparativo entre el testeo inicial y el testeo final de usabilidad de la aplicación PYOM

La velocidad de respuesta del sistema fue un punto débil, esto se debe al procesamiento de los datos lo que hace que las respuestas no sean rápidas pero si de utilidad. Sobre lo mismo algunos usuarios sienten que la aplicación no va al ritmo de ellos, *“No me gusta que sea tan lenta la respuesta”*.

Finalmente, todos los usuarios concuerdan en el uso que se le da a la aplicación PYOM: *“Para orientarse en lugares que uno no conoce”*.

Análisis de apoyo a la Evaluación

Análisis económico

Inicialmente se pensó en realizar el sistema en base a tecnología RFID. Una pequeña evaluación económica llevó a desechar esta posibilidad. La primera opción que a uno se le ocurre es detectar la presencia de la persona al ingresar a una habitación, ya que no es posible pensar que el usuario

marque su tarjeta frente a un lector. Esto es similar a como funcionan los portales de las carreteras concesionadas, en que los vehículos son detectados al traspasar el portal.

Para efectuar estas lecturas de alto alcance se ocupan tags activos de alta frecuencia, pudiendo tener 50 metros de alcance. El costo de un tag de este tipo es de 80 dólares, mientras que una antena capaz de leer dicha información puede llegar a costar 5000 dólares, pudiendo adquirirse por unos 3000 dólares. Este tipo de soluciones se conversaron con Juan Carlos Lira, propietario y gerente de la empresa eButtons (www.ebuttons.cl), que, ocupando esta tecnología, ha diseñado y desarrollado un sistema de tracking de buses del sistema público de Santiago, Transantiago. En este sistema se utilizan cuatro puntos de control para identificar la ruta de un bus, pudiendo detectar incluso bajo estructuras sólidas y en lugares en donde la tecnología GPS no tiene alcance. Del mismo modo, Philipose et al. (2005) plantea que para cubrir cuatro habitaciones en una casa es necesario tener una antena RFID con un costo de 1500 dólares, con un costo de .50 dólares por cada uno.

De todas formas se analizó la solución de ocupar tags y antenas económicas (Philipose, et al., 2005), pensando en las que se utilizan en sistemas como el Transantiago o en retail (tags pasivos). En nuestro país los tags pasivos pequeños cuestan, en promedio, 1.5 dólares. Estos tags pasivos de frecuencias bajas y medias no permiten un alcance muy grande y la lectura se debe llevar a cabo a máximo 2 o 3 milímetros del tag, lo que claramente es dificultoso para un usuario ciego. Si pensamos en una solución para usuarios ciegos este escenario es catastrófico ya que se tendría que considerar otro sistema para que el usuario encontrase el tag.

Para el caso de la solución propuesta el cálculo económico se debe hacer considerando el costo de una PocketPC y el valor de los puntos de acceso necesarios para cubrir la misma cantidad de habitaciones especificadas con tecnología RFID. Una PocketPC cuesta alrededor de \$180.000 (USD270), mientras que los puntos de acceso tienen un valor aproximado de \$20.000 (USD30). Para una habitación, el costo total de implementación es de \$80.000 (USD120), aclarando que el dispositivo PocketPC se adquiere sólo una vez. Para cubrir cuatro habitaciones el costo de los puntos de acceso es de \$320.000 (USD478), más el valor de la PocketPC el total sería de unos \$500.000 (USD746), prácticamente la mitad que el valor con tecnología RFID. Además debemos considerar que se podría aprovechar una red Wi-Fi ya implementada en un edificio, siendo aún más sencillo y económico.

Análisis de eficiencia

La eficiencia debe ser evaluada considerando el sistema. Desde este punto de vista existe un punto clave que perjudica enormemente la eficiencia del sistema y tiene relación con la representación del espacio y la toma de datos que debe ser previa a la utilización del sistema.

Se realizó una prueba de manera de obtener el mínimo de puntos de acceso necesarios para conseguir una información confiable. Para ello, se consideró trabajar con la misma malla cada vez pero variando el número de puntos de acceso. La malla considerada fue de 4 celdas (Figura 50A). La primera prueba se realizó con 2 puntos de acceso ubicados en las esquinas opuestas en diagonal. Luego se consideraron 3 puntos de acceso (ubicados en tres esquinas y en posición triangular) y finalmente 4 puntos de acceso (cada uno en una esquina). Para efectos de información de posición, con 3 puntos de acceso se obtuvo la información deseada. Para el caso

de la orientación fue necesario contar con 4 puntos de acceso. Es necesario notar que la posición se logra más fácilmente dado que los parámetros de información que se entregan son básicos y no detallados. Si queremos entregar en detalle la posición de una persona en un espacio será necesario generar una malla de celdas tan fina como el detalle que queremos entregar.

Para lograr obtener información de la posición de un usuario basta con algunos pocos cálculos en cada habitación, sin embargo el problema mayor surge al momento de querer obtener la orientación de la persona en un determinado lugar, ya que es necesario contar con más datos. En el caso de la solución propuesta es necesario considerar al menos cuatro tomas de datos de la calidad de señal en cada punto de acceso (considerando que son 10 mediciones para cada toma de datos). Para cada punto de acceso se necesita medir de frente, atrás, lado derecho y lado izquierdo. Con esto se logra obtener las diferencias necesarias para identificar luego la orientación de la persona en la habitación.

En la solución propuesta se define una malla de cuatro puntos de acceso para cada habitación (Figura 50A), sin embargo para obtener mayor precisión en los datos entregados la toma de datos debe ser en base a una malla aún más precisa y con mayor cantidad de celdas, sin necesidad de aumentar el número de puntos de acceso (Figura 50B). Hay que tomar en cuenta que para cada celda se deben tomar al menos cuatro medidas para obtener una buena orientación del usuario.

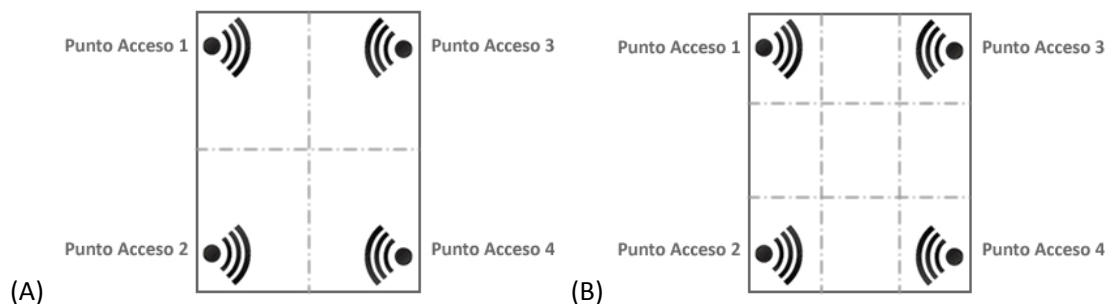


Figura 50. (A) Malla con 4 puntos de acceso y 4 celdas de medición (B) Malla con 4 puntos de acceso y 9 celdas de medición

Si consideramos que por cada toma de datos la aplicación PYOMDatos toma unos 30 segundos en realizar los diez ciclos, para un caso estándar de toma de datos (4 puntos con 4 mediciones cada uno) el tiempo total para una malla mínima es de 8 minutos. Si tomamos en cuenta una oficina normal con unas 10 puestos de trabajo, las mediciones previas tomarán 1 hora y 20 minutos. Es importante considerar que estas mediciones no debieran cambiar en el tiempo y por lo tanto se hacen tan sólo una vez en el funcionamiento del sistema.

La búsqueda en una estructura XML no es eficiente, no es inmediato obtener un valor, es más directo si se tiene almacenada la misma información en un archivo de texto plano. La utilización de XML fue una decisión para el manejo correcto de la información, ya que es más sencillo corregir y revisar la información almacenada por medio del ojo humano. En general, cuando se utilizan pocos datos la diferencia no tan importante, pero si se llegase a controlar mucha cantidad de datos la estructura XML puede llegar a ser muy deficiente.

Análisis de disponibilidad de servicio

La disponibilidad del servicio considera la disponibilidad de la totalidad de los puntos de acceso tal y como fueron medidos en la toma de datos; cualquier variación o retiro de estos puntos de acceso implicará que el sistema no será capaz de encontrar solución a las consultas realizadas por el usuario, ya que no encontrará ninguna coincidencia entre la medición y los resultados almacenados en el archivo XML. En las pruebas que se realizaron, ocurrió que un par de veces no se logró obtener datos de un punto de acceso de la habitación. Esto se debió a que el punto dejaba de entregar señal. Esto, que no parece ser asilado, podría ser un problema recurrente en la solución planteada, lo que tendría como solución flexibilizar el algoritmo de *matching*. El problema que tiene flexibilizar este algoritmo es que se podría generar *matching* donde no corresponda y así entregar respuestas erróneas al usuario.

Dada la complejidad de los usuarios finales es mejor que el sistema no entregue una solución a que entregue una solución errónea. Esto se debe principalmente a que el usuario debe confiar en lo que el sistema le proporciona como información, si esta es errónea las consecuencias podrían tener un alto riesgo (por ejemplo si el usuario se encuentra dentro de un andén del Metro y el sistema le comunica otro sector, el usuario no se desplazaría con el mismo cuidado con el que se debe desplazar en un andén, lugar donde corre riesgo de caer a la línea del tren).

Análisis de confiabilidad

La confiabilidad de los datos viene dada por la rigurosidad en la toma inicial de los mismos. Esta toma de datos se debe hacer rigurosamente, con revisiones estrictas, cuidando que la información esté completa y no falten, por ejemplo, puntos de accesos. Con ello es importante procurar que todos los datos que se completan más tarde por medio de la aplicación PYOMAnalyses estén completos y sean correctos.

Si los datos almacenados en el archivo XML son correctos, entonces la información que entregará la aplicación PYOM será correcta y confiable. Esto dado que la comparación de datos es directa y no se presta para confusiones. Eventualmente podrían existir dos puntos con la misma calidad mínima y máxima de señal de todos los puntos de acceso, lo que generaría un sector con dos posibles soluciones, a lo que la aplicación no podría decidir la correcta. Dicha eventualidad sería muy rara y de ocurrir podría generarse por una rara forma de la habitación.

Análisis de accesibilidad

Las aplicaciones PYOMDatos, ServerPYOM y PYOMAnalyses fueron diseñadas completamente pensando en su utilización por parte de un usuario facilitador vidente, experto en computación y que fuera capaz de realizar las tareas de toma y llenado de datos de forma eficaz.

La aplicación principal PYOM que utilizaron los usuarios finales, tiene todas sus interfaces diseñadas y desarrolladas para ser utilizadas por usuarios ciegos. Esto se demuestra en las evaluaciones de usabilidad de usuario final en que estos asignan un alto puntaje a la interfaz, además de las respuestas cualitativas de alta aceptación a las preguntas abiertas respecto de las interfaces y uso de la aplicación.

VII. Conclusiones

En este trabajo se presentó el diseño, desarrollo y evaluación de un sistema computacional que permite a un usuario no vidente conocer su posición y orientación en un ambiente cerrado. La aplicación se basa en el uso de tecnología Wi-Fi en conjunto con la representación previa del ambiente, lo que admite un menor número de puntos de acceso para determinar la información necesaria que permita conocer la posición y orientación del usuario. El sistema consta de tres aplicaciones: PYOMDatos, que permite capturar la intensidad de señal en los puntos requeridos; PYOMAnalyses, que analiza los datos capturados y mantiene los datos ordenados y estructurados para su utilización; y PYOM, aplicación del usuario que captura la intensidad de señal Wi-Fi en el ambiente y compara los resultados con aquellos almacenados, pudiendo entregar al usuario la información de posición y orientación solicitada. Se realizó una evaluación de usabilidad del sistema, además de algunos análisis de accesibilidad, confiabilidad, eficiencia, economía y disponibilidad.

La evaluación final de usabilidad de la aplicación PYOM logró mejores resultados en los tres aspectos evaluados, Satisfacción del Usuario, Control & Uso y Calidad de los Sonidos, lo que denota una mejora en la interfaz de la aplicación evaluada.

De la evaluación de usabilidad se logra obtener la información relevante que necesitan los usuarios ciegos para poder ubicarse y orientarse espacialmente en un lugar. Así también, la forma en que la información es entregada es un punto no menor y se logra identificar en este estudio. La técnica del reloj es algo que los usuarios solicitaron incluir desde la primera evaluación de usabilidad, si bien al comienzo la aplicación entregaba información de orientación según lateralidad, para los usuarios esta información era insuficiente. Los usuarios trabajan de forma correcta con el sistema de reloj, logrando tener claridad de hacia dónde deben dirigirse en el entorno y así poder llegar a su destino de forma independiente. Para Bradley y Dunlop (2002a, 2002b) los puntos de referencia que más utilizan las personas ciegas son las direcciones (Izquierda/derecha, norte/sur) y las estructuras (Entrada, reja, etc). En PYOM la información que más valoraron los usuarios ha sido justamente entregar información acerca de la orientación según la regla del reloj, y la posición en base a estructuras del espacio.

Todo el proceso de diseño y desarrollo de la aplicación PYOM fue hecho bajo una metodología centrada en el usuario, esto permitió obtener una solución relativamente rápida y poder realizar una evaluación de usabilidad. Esto en su conjunto permitió que los resultados de usabilidad de la interfaz fueran usables y accesibles por los usuarios finales. Así, la aplicación principal, PYOM, tiene una interfaz táctil y de audio que permite un manejo sencillo de parte de los usuarios ciegos (lo que se refrenda en los resultados de las evaluaciones de usabilidad). Una de las mayores ventajas de la interfaz propuesta es que no distrae al usuario teniendo que aprender a usarla, es una interfaz rápida y muy sencilla en sus funcionalidades, entregando lo justo y necesario que necesita el usuario en un contexto móvil. Las dos principales funciones que posee son de rápido y fácil acceso, a su vez las otras funcionalidades son fáciles de encontrar al estar situadas en la botonera de la PocketPC.

La confiabilidad de los datos viene dado por la precisión y lo estricto del proceso de toma de los mismos en el entorno. Si este proceso falla, la comparación que el sistema haga a posteriori puede fallar con dos escenarios posibles, entrega de información o sencillamente no entrega de información (al no encontrar *matching*). Mientras más precisa sea la toma de datos, la confiabilidad puede ser mayor, lo que se ajusta a la malla representada. Tener una malla más precisa del ambiente conlleva tener un proceso lento en la toma de datos inicial, lo que puede

llegar a ser un cuello de botella en el proceso, ya que mientras no se tenga completo este proceso el sistema no funcionará. El sistema busca hacer *matching* con las medidas tomadas inicialmente, que son los datos que representan al ambiente. Esto significa que mientras haya *matching*, el sistema encontrará una respuesta a la consulta de posición u orientación del usuario. En los casos en que no puede existir *matching*, se debe a que algún punto de acceso no es leído, o se encuentra apagado. Al ocurrir esto, cambia el escenario inicial y hará que el sistema no encuentre respuestas o que encuentre respuestas erróneas.

En el trabajo de Sorensen et al. (2004) se encontró que como mínimo se debía tener 7 puntos de acceso para poder entregar información de la posición de los usuarios. En este trabajo se encontró que con 4 puntos de acceso es suficiente. Esta diferencia se debe principalmente al algoritmo que es utilizado en la toma de los datos, ya que en este estudio el método consiste en hacer *matching* con las medidas tomadas inicialmente a diferencia de tener que realizar cálculos en tiempo real de la intensidad de señal (con lo que es necesario tener más datos) y en base a esto entregar información de posición.

El sistema propuesto se presenta como una solución que puede ser sencilla y viable para entregar a un usuario ciego su posición y orientación en determinados espacios cerrados, logrando que este pueda desplazarse de forma autónoma, e incluso aventurarse por espacios que le son desconocidos. Utilizar una PocketPC es una tecnología que está más a la mano de los usuarios finales, la pueden obtener en el mercado tradicional y a costos de mercado. Al mismo tiempo, es posible aprovechar las infraestructuras existentes de redes Wi-Fi que ya se encuentran en muchos edificios y hogares, de modo tal de poder entregarles información de posición y orientación a los usuarios. Además sirve de base para aplicaciones de mayor complejidad en el uso de la información, como por ejemplo, un sistema que guíe a los usuarios por un entorno como la escuela, y que necesite como entrada de datos la posición y orientación del usuario.

Como se discutió en el documento, uno de los mayores problemas a los que se ven enfrentadas las personas ciegas es que están restringidos a un mismo espacio siempre, ya que desviarse de su ruta puede confundirlos (Jacquet, Bellik, Bourda, 2006; Kulkuyin et al., 2004). Consecuencia de esto, se encuentran restringidos de explorar nuevos lugares. Gracias a un sistema como PYOM, siempre que esté disponible la infraestructura, estas personas podrían atreverse a explorar nuevos espacios de forma autónoma.

Trabajo Futuro

Este sistema podría servir de base para otros más complejos (con mayor entrega de información), con una interfaz más potente y capaces de entregar información con mayor detalle a los usuarios ciegos. La aplicación desarrollada permite encontrar la posición y la orientación del usuario en determinadas circunstancias, siendo de apoyo a la autonomía de los usuarios, sin embargo la información que entrega aún es básica y se puede complementar aún más, como por ejemplo información de contexto y datos adicionales que enriquezcan la navegación de los usuarios ciegos.

Las evaluaciones realizadas han sido las necesarias para determinar si el sistema es usable por los usuarios y cubre las expectativas básicas de ellos. Junto con esto se hicieron otras evaluaciones que permitieron definir bajo qué circunstancias el sistema PYOM funciona de forma correcta y puede ser útil para los usuarios. Las evaluaciones realizadas permiten tener una base para desarrollar un estudio más completo de interfaz de entrega de información de posición y

orientación a usuarios ciegos, con un mayor número de usuarios, realidades y en edificios de mayor tamaño.

VIII. Referencias

- Abowd, G., Battestini, A., O'Connell, T. (2000) The Location Service, A framework for handling multiple location sensing technologies. In GIT-GVU-03-8. 2002, GVU technical report, Georgia Institute of Technology.
- AIM (Automatic Identification Manufactures), The Trade Association for the Automatic Identification and Data Collection (AIDC) Industry, Getting started in RFID – A Step approach (2002),
http://www.aimglobal.org/technologies/rfid/resources/papers/rfid_basics_primer.htm
Último acceso, Octubre 2007
- Amandine, A., Katz, B., Blum, A., Jacquemin, C., Denis, M. (2005) A Study of Spatial Cognition in an Immersive Virtual Audio Environment: Comparing Blind and Blindfolded Individuals. Proceedings of ICAD 05-Eleventh Meeting of the International Conference on Auditory Display, Limerick, Ireland, July 6-9, 2005, pp. 228-235
- Amemiya, T., Yamashita, K., Hirota, K., Hirota, M. (2004) Virtual Leading Blocks for the Deaf-Blind: A Real-time way-Finder by Verbal-Nonverbal Hybrid Interface and High-Density RFID Tag Space. In Proceeding of IEEE Virtual Reality, 2004, 27-31 March 2004, pp. 165- 287
- Banatre, M., Coudere, P., Pauty, J., Becus, M. (2004) UbiBus: Ubiquitous Computing to Help Blind People in Public Transport. In Proceedings of MobileHCI 2004, pp. 310-314
- Baudoin, G., Venard, O., Uzan, G., Rousseau, A., Benabou, Y., Paumier, A., Cesbron, J. (2005) The RAMPE Project: Interactive, Auditive Information System for the Mobility of blind People in Public Transports. ITST'2005-IEEE, The 5th International Conference on ITS Telecommunications, pp. 389-392, 27-29 July, Brest, France.
- Benson, C., Cameron, B., Haneman, B., Snider, S., O'Briain, P. (2002) GNOME Accessibility for Developers, How to make GNOME2.0 Applications Accesible.
<http://developer.gnome.org/projects/gap/guide/gad/index.html> Último acceso, Marzo 2007
- Blasch, B. B., Wiener, W. R., & Welsh, R. L. (1997). Foundations of orientation and mobility. New York: AFB Press.
- Bradley, N., Dunlop, M. (2002a) Investigating context-aware clues to assist navigation for visually impaired people. In Proceedings of Workshop on Building Bridges: Interdisciplinary Context-Sensitive Computing, 2002, Glasgow, England, pp. 1-7
- Bradley, N., Dunlop, M. (2002b). Understanding Contextual Interactions to Design Navigational Context-Aware Applications. *Lecture Notes in Computer Science*. (2411), pp. 349-353
- Caballero, M. (2005) Mesh, WiFi y WiMax: Localización Wi-Fi / Mesh.
http://migcaballero.blogspot.com/2005/11/localizacin_wi-fi-m... Último acceso, Noviembre, 2005.
- Cheong, B. (2005) Opening Strategy for mobile RFID Service in Korea. RFID/USN Team, National Computerization Agency. Real World RFID, 2005. Realtime Magazine, pp. 26-29

- Choi, N., Lee, H., Lee, S., Kim, S. (2006) Design of a 13.56 MHz RFID system. In Proceedings of ICACT 2006. pp. 840 – 843
- Coroama, V. (2006) Experiences from the Design of a Ubiquitous Computing System for the Blind. In Proceedings of CHI, Abril 22-27, pp. 664 – 669.
- Coroama, V., Röthenbacher, F. (2003) The Chatty Environment – Providing Everyday Independence to the Visually Impaired. UbiHealth Workshop, Seattle, pp. 1-5
- Crommentujin, K, Winberg, F. (2006) Designing auditory displays to facilitate object localization in virtual haptic 3D environments. Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility table of contents, Portland, Oregon, USA, 2006, pp.255-256
- Csete, J., Wong, Y.-H. & Vogel, D. (2004). Mobile devices in and out of the classroom. In L. Cantoni & C. McLoughlin (Eds.), *ED-MEDIA 2004*, (pp. 4729-4736). Proceedings of the 16th World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia & World Conference on Educational Telecommunications, Lugano, Switzerland, Norfolk VA: Association for the Advancement of Computing in Education.
- e-global.es, <http://e-global.es/b2b-blog/2007/06/28/gps-navegador/> Último acceso, Abril 2009
- Ekahau (2002a) http://news.zdnet.com/2100-1009_22-962587.html Último acceso, Diciembre 2008
- Ekahau (2002b) Ekahau Positioning Engine 4.2, <http://www.ekahau.com> Último acceso, Noviembre 2008
- Encuesta Casen Discapacidad (2006) Mideplan integra y protege. Gobierno de Chile, Ministerio de Planificación
- Entrevista. Juan Carlos Lira (2007), Gerente general eButtons Chile. FreeFlowSystem trazabilidad y control.
- Fonadis (2004). Primer Estudio Nacional de la Discapacidad, Discapacidad Visual. ENDISC Chile 2004. Gobierno de Chile.
- Fritz, J., Way., T., Barner., K. (1996) Haptic representation of scientific data for visually impaired or blind persons. In Technology and Persons with Disabilities Conference, pp. 1-5
- González, M., Patiño, M. (2005) Imaginarios y Percepciones de los habitantes del barrio Prado a partir de la declaración de patrimonio cultural. Universidad de Antioquia, Facultad de ciencias sociales y humanas, Departamento de Trabajo Social, Medellín, 2005
- Harper, S., Green, P. (2000) A travel Flow and Mobility Framework for Visually Impaired Travellers. In: International Conference on computers Helping People with Special Needs, 2000, Germany, Proceedings, pp. 289-296

- Harter, A., Hopper, A., Steggles, P., Ward, A., & Webster, P. (2002). The Anatomy of a Context-Aware Application. *WIRELESS NETWORKS*, 8, pp. 187-198.
- Heater, D. (2004) *Citizenship: The Civic Ideal in World History, Politics and Education 2004*, Manchester University Press
- Hightower, J., Borriello, G. (2001a) A survey and taxonomy of location sensing systems for ubiquitous computing. CSE 01-08-03, Tech Report University of Washington, Department of Computer Science and Engineering, Seattle, WA, August 2001 <http://seattle.intel-research.net/people/jhightower//pubs/hightower2001survey/hightower2001survey.pdf>, Último acceso, Agosto 2007
- Hightower, J., Borriello, G. (2001b) Location Sensing Techniques. *Location Systems for Ubiquitous Computing*. *IEEE Computer Magazine*, August, 2001, (34)8, pp. 57-66
- Hub, A., Diepstraten, J., Ertl, T. (2004) Design and Development of an Indoor Navigation and Object Identification System for the Blind. *Proceedings of the 6th ACM SIGACCESS conference on Computers and Accessibility ASSETS 2004*, Atlanta, GA, USA, Designing for Accessibility, Vol. 77&78, pp. 147-152
- Ienaga, T., Matsumoto, M., Shibata, M., Toyoda, N., Kimura, Y., Gotoh, H., Yasukouchi, T. (2006). A Study and Development of the Auditory Route Map Providing System for the Visually Impaired. *Lecture Notes in Computer Science*. (4061), 1265-1272.
- images.businessweek.com,
http://images.businessweek.com/ss/08/02/0209_green_biomimic/source/4.htm. Último acceso, Septiembre, 2008
- Infrared Data Association (1998) *IrDA Control Specification*
- Infrared Data Association (2000) *Point and Shoot Application Profile Test Specification IrDA Draft Material, Version 1.0*, Marzo 2000, pp. 1 – 8
- Infrared Data Association (2003) *Object Exchange Protocol OBEX*
- Jacquet, C. Bellik, Y., Bourda, Y. (2006) *Electronic Locomotion Aids for the Blind: Towards More Assistive Systems*. *Intelligent Paradigms for Assistive and Preventive Healthcare*. N. Ichalkaranje, A. Ichalkaranje, LC Jain, editores. Springer-Verlag, Abril, pp. 133-163
- Juurmaa, J. (1973) *Precisión del ciego en la detección de obstáculos*. En *Orientación, Movilidad y Gimnasia para los Disminuidos Visuales*. AFOB, Oficina Latinoamericana. Córdoba (Argentina): AFOB.
- Kantor, G., & Singh, S. (2002) Preliminary Results in Range-Only Localization and Mapping. *Proceedings*, 2, 1818-1823.
- Kapić, T. (2003) *Indoor Navigation for Visually Impaired*. A project realized in collaboration with NCCR-MICS. Julio – Octubre 2003, pp. 1-8

- Kulyukin, V., Gharpure, C., Nicholson, J., and Pavithran, S. (2004) RFID in robot-assisted indoor navigation for the visually impaired. Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2004 (IROS 2004) 2. 28 September – 4 October 2004, Sendai Kyodo Printing: Sendai, Japan, pp. 1979- 1984
- Lahav, O., Mioduser, D. (2002) Multisensory virtual environment for supporting blind persons' acquisition of spatial cognitive mapping, orientation, and mobility skills. In Proceedings of the 4th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2002, Veszprém, Hungary, 2002. pp. 213-220.
- Lahav, O., Mioduser, D. (2004) Blind Persons' Acquisition of Spatial Cognitive Mapping and Orientation Skills Supported by Virtual Environment. In Proceedings of the 5th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2004, Oxford, UK, 2004. pp. 131-138.
- Leroux,R., Farcy R., Legras, R., Damaschini, R., Bellik, Y., Pardo, P., Greene, J. (2004) Perception de l'espace des non-voyants par profilométrie laser: progression et contexte d'utilisation des interfaces sonores et tactiles. Handicap 2004, Orale ACT, Paris France, pp. 1-6
- Mejia, G. (2000) La historia Urbana y la valoración del patrimonio urbano. En: Revista Javeriana. N.664. p.284. Mayo de 2000
- Na, J. (2006) The Blind Interactive Guide System Using RFID-Based Indoor Positioning System. Lecture Notes in Computer Science. (4061), pp. 1298-1305
- Nerguizian, C., Despins, C., Affes, S. (2001) A Framework for Indoor Geolocation using an Intelligent System. 3rd WLAN Workshop 2001, pp. 1-38
- news.bbc.co.uk, http://news.bbc.co.uk/2/hi/in_pictures/3894067.stm. Último acceso, Septiembre, 2008
- Neyem, A., Ochoa, S., Pino, J. (2006) Supporting Mobile Collaboration with Service-Oriented Mobile Units. Lecture Notes in Computer Science. (4154), pp. 228-245.
- Ni, L. M., Liu, Y., Lau, Y. C., Patil, A. P. (2004) LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. Wireless Networks. 10 (6), pp. 701-710.
- Oakley, I., McGBee, M., Brewster, S., Gray, P. (2000) Putting the Feel in 'Look and Feel'. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. The Hague, The Netherlands, pp. 415 - 422
- Orr, R., Abowd, G. (2000) The Smart Floor: A Mechanism for Natural User Identification and Tracking. In Proceedings of ACM CHI Conference, pp. 275-276
- Parente, P., Bishop, G. (2003) BATS: The Blind Audio Interface Mapping System. In Proceedings of the ACM Southeast Regional Conference, March 2003, pp. 1-6

- Pérez, S., Llana, S. (2007) Instrumentation in Sports Biomechanics. *Journal of Human Sport and Exercise online*, ISSN 1699-1605, An International Electronic Journal, Volume 2, Number 2, July 2007, pp. 26-41.
- Philipose, M., Smith, J., Jiang, B., Mamishev, A., Roy, S., Sundara-Rajan, K. (2005) Battery-Free Wireless Identification and Sensing. *Pervasive Computing*. pp. 37 – 45
- Pressl, B., Wieser, M. (2005) A Computer-Based Navigation System Tailored to the Needs of Blind People. In *Proceedings of the 15th International Conference on Electronics, Communications and Computers*, 2006. pp. 1280-1286
- Priyantha, N., Chakraborty, A., Balakrishnan, H. (2000) The Cricket location-support system, *Proceedings of MOBICOM 2000*, Boston, MA, ACM Press, August 2000, pp. 32-43
- Probert, P., Lee, D., Kao, G. (1996) Interfaces for multi-sensor systems for navigation for the blind. *Proceedings The First European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies 8-10 July 1996*, Maidenhead, UK, pp. 209-217
- Raman, T. (1998) *Audio System for Technical Readings*. Audio system for technical readings, *Lecture Notes in Computer Science*, 1410. Springer-Verlag New York, Inc., 1998.
- Ran, L., Helal, A., Moore, E. (2004) Drishti: An Integrated Indoor/Outdoor Blind Navigation System and Service. In *proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom'04*, pp.23-30.
- Randall, J., Bharatula, N., Perera, N., Von Büren, T., Ossevoort, S., Tröster, G. (2004) Indoor Tracking using Solar Cell Powered System: Interpolation of Irradiance. In *Proceedings of International Conference on Ubiquitous Computing*, 2004, Nottingham, pp. 1-2
- Real World RFID (2005) *Realtime Magazine*. <http://www.realtime.intermec.com>, pp. 26-29
- Röber, N., Masuch, M. (2004) Interacting with sound. An interaction paradigm for virtual auditory worlds. *Proceedings of ICAD 04-Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display*, Sydney, Australia, July 6-9, 2004, pp.1-7
- Rodrigues, C. (2006) Um Dispositivo Háptico de Auxílio À Navegacao para Deficientes Visuais. *Trabalho de Graduacao ao Centro de Infromática da Universidade Federal de Pernambuco para a obtencao do grau de Bacharel em Ciência da Computacao*, 2006, pp. 1-63
- Roussos, G. (2002) *Location Sensing Technologies and Applications*. Joint Information Systems Committee, November 2002, pp. 1-20.
- Roussos, G. (2006) *Enabling RFID in Retail. Perspectives*. Published by the IEEE Computer Society. pp. 25-30
- Rushmeier, H., Agrawala, M., & Stolte, C. (2001) Pappers Sessions, Thursday, 16 August 2001 - 8:30 - 10:15 - Measurement and Presentation - Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization. *Computer Graphics*. 18, 241-249

- Saha, S., Chaudhuri, K., Sanghi, D., Bhagwat, P. (2003) Location Determination of a Mobile Device Using IEEE 802.11b Access Point Signals. In IEEE WCNC Conference Proceedings, pp. 1987 – 1992
- Sáenz, M., Sánchez, J. (2009). Indoor Position and Orientation for the Blind. HCI International 2009, San Diego, CA, USA, 19-24 July 2009
- Sánchez, J. (2003) End-user and facilitator questionnaire for Software Usability. Usability evaluation test. University of Chile, Santiago, Chile
- Sánchez, J., Aguayo, F., Hassler, T. (2007) Independent Outdoor Mobility for the Blind. Virtual Rehabilitation 2007, September 27-29, Venice , Italy , pp. 114-120
- Sánchez, J., Elías, M. (2006) Blind Children Learning Science through Audio-Based Interactive Software. Proceedings of VII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción 2006. Noviembre 13-17, 2006. Universidad de Castilla-La Mancha, Puertollano (Ciudad Real), España, pp. 591-600
- Sánchez, J., Farías, C., Noriega, G. (2008) Mental Representation of Navigation through Sound-Based Virtual Environments. 2008 AERA Annual Meeting, New York (NY), USA, March 24-28, 2008
- Sánchez, J., Flores, H. (2008). Virtual Mobile Science Learning for Blind People. *Cybersychology & Behavior* 11(3), pp. 356-359
- Sánchez, J., Flores, H., Baloian, N. (2007) Modeling mobile problem solving applications for the blind from the context of use. International Workshop on Improved Mobile User Experience, IMUX 2007. Toronto, Canada, May 13, 2007
- Sánchez, J., Flores, H., Sáenz, M. (2008). Mobile Science Learning for the Blind. ACM CHI 2008, April 5-10, 2008, Florence, Italy, pp. 3201-3206
- Sánchez, J., Galaz, I. (2007) AudioStoryTeller: Enforcing Blind Children Reading Skills. In C. Stephanidis (Ed.): Universal Access in HCI, Part III, HCI 2007, LNCS 4556, pp. 786–795, 2007 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007
- Sánchez, J., Maureira, E. (2006). Subway Mobility Assistance Tools for Blind Users. In C. Stephanidis and M. Pieper (Eds.). Lecture Notes in Computer Science, LNCS 4397, pp. 386-404, 2007, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
- Sánchez, J., Sáenz, M. (2006a) 3D sound interactive environments for blind children problem solving skills. *Behaviour & Information Technology*, Vol. 25, No. 4, July – August 2006, pp. 367 – 378.
- Sánchez, J., Sáenz, M. (2006b) Three-Dimensional Virtual Environments for Blind Children. *Journal of Cyberpsychology and Behavior*, CP&B, Apr 2006, Vol. 9, No. 2, pp. 200-206.

- Sánchez, J., Sáenz, M. (2007) Usability of Audio-Based Virtual Environments for Users with Visual Disabilities. *Virtual Reality and Human Behavior Symposium, LAVAL Virtual 2007*, Laval, France , April 18-22, 2007
- Sánchez, J., Sáenz, M., Baloian, N. (2007) Mobile Application Model for the Blind. In C. Stephanidis (Ed.): *Universal Access in HCI, Part I, HCII 2007, LNCS 4554*, pp. 527–536, 2007. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007
- Sánchez, J., Salinas , A. (2008). Science Problem Solving Learning through Mobile Gaming. *MindTrek 2008 Conference*, October 8-9, 2008 , Tampere , Finland , pp. 49-53
- Sánchez, J., Zuñiga, M. (2006) Evaluating the Interaction of Blind Learners with Audio-Based Virtual Environments. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine. Virtual Healing: Designing Reality. Volume 4*, pp. 167-173
- Sarmiento, L., Vargas, O. (2004) DMREI: Sistema de Ayuda a Invidentes para Detectar el Color y la Posición de los Objetos Mediante Estimulación Táctil, VII Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Monterrey, México, 13-15 de Octubre de 2004, pp. 264-273.
- Sjöström, C. (2001) Designing Haptic Computer Interfaces for Blind People. In *Proceedings of ISSPA 2001*, vol 1., Kuala Lumpur, Malaysia, August 13 - 16, 2001, pp. 68-71
- Sorensen, J., Kristoffersen, K., Cervera, A., Schiotz, M., Lynge, T., Safar, Z., Brikedal, L. (2004) An Infrastructure for Context Dependent Mobile Multimedia Communication. *Multimedia Signal Processing, 2004 IEEE 6th Workshop on*. 29 September- 1 October 2004, pp. 462 - 465
- Soy, S. (1996). The case study as a research method. Presentation at the uses and users of information seminar, Austin, the University of Texas. <http://www.gslis.utexas.edu/ssoy/usesusers/1391d1b.htm> Último acceso, Agosto 2008
- spanish.bluetooth.com, <http://spanish.bluetooth.com/bluetooth/> Último acceso, Febrero 2009
- Stanley, P., Karshmer, A. (2006) Translating MathML into Nemeth Braille code, en *Proceedings of the International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2006)*. *Lecture Notes in computer Science*, vol 4061, Springer Verlag, Berlin, pp. 1175-1182
- Tellis, W. (1997) Introduction to case study. The qualitative report [e-journal], 3(2). <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR3-2/tellis1.html> Último acceso, Agosto 2008
- Terdiman, D. (2004) Campus Life Comes to Second Life. *Wired*. <http://www.wired.com/gaming/gamingreviews/news/2004/09/65052>, Último acceso, Septiembre 2008
- Thomas, S., Schott, G., Kambouri, M. (2004) Designing for learning or designing for fun? Setting usability guidelines for mobile educational games. In *Learning with mobile devices: a book of papers*. pp. 173 - 181
- Vanderhaiden, G. (1990) Thirty-Something Million: Should They be Exceptions? *Human Factors*. Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society, 32(4), 1990, pp. 383-396

- Virtanen, A., Koskinen, S. (2004) Towards Seamless Navigation. Mobile Venue, 2004, Athens, Greece, pp. 1-13
- Vogel, S. (2003) A PDA-Based Navigation System for the Blind. Abril 16, 2003, pp. 1- 28
- Westin, T. (2004) Game accessibility case study: Terraformers – A real-time 3D graphic game. In Proceedings of the 5th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2004, Oxford, UK, pp. 1-6
- Wexler, J. (2004) Legoland tracks children with Wi-Fi based RFID: Radio-controlled kids at theme park. Mobile Computing & Wireless Networking Case Studies, <http://www.techworld.com/mobility/features/index.cfm?featureid=532> Último acceso, Julio 2007
- Willis, S., Helal, S. (2004) A Passive RFID Information Grid for Location and Proximity Sensing for the Blind User. University of Florida Technical Report, TR04-009, Oct. 2004, pp. 1- 20
- [www.apple.com, http://www.apple.com/es/bluetooth/](http://www.apple.com/es/bluetooth/) Último acceso, Marzo 2009
- [www.brailleteknik.com, http://www.brailleteknik.com/katalog.htm](http://www.brailleteknik.com/katalog.htm). Último acceso, Septiembre 2008
- [www.cascada-expediciones.cl, http://www.cascada-expediciones.cl/mnusecundario/actualidad/Articulos/GPS/GPS.htm](http://www.cascada-expediciones.cl/mnusecundario/actualidad/Articulos/GPS/GPS.htm) Último acceso, Marzo 2009
- [www.devx.com, http://www.devx.com/MEDC/Article/33837/1954?pf=true](http://www.devx.com/MEDC/Article/33837/1954?pf=true) Último acceso, Diciembre 2008
- [www.ebuttons.cl, http://www.ebuttons.cl/index2.html](http://www.ebuttons.cl/index2.html). Último acceso, Julio 2007
- [www.eyeofthepacific.org, http://www.eyeofthepacific.org/electronic%20aids.htm](http://www.eyeofthepacific.org/electronic%20aids.htm). Último acceso, Septiembre 2008
- [www.gdp-research.com.au, http://www.gdp-research.com.au/minig_1.htm](http://www.gdp-research.com.au/minig_1.htm). Último acceso, Septiembre 2008
- [www.gpsaventura.cl, http://www.gpsaventura.cl/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=97](http://www.gpsaventura.cl/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=97) Último acceso, Marzo 2009
- [www.irda.org, http://www.irda.org/](http://www.irda.org/) Último acceso, Abril 2009
- [www.lac.u-psud.fr, http://www.lac.u-psud.fr/teletact/publications/report_training.htm](http://www.lac.u-psud.fr/teletact/publications/report_training.htm). Último acceso, Septiembre 2008

Anexo 1

Usabilidad de Software para Niños Ciegos

Pauta resumida usuario final “Evaluación de Usabilidad de Software Para Niños Ciegos”

Dr. Jaime Sánchez I.

Universidad de Chile

La presente Pauta tiene por objetivo evaluar la usabilidad de un software para niños con discapacidad visual.

Antecedentes

Nombre del Software

--	--

Nombre del niño

Edad

Sexo

--	--	--

Nivel del evaluador

Resto Visual

Aprendiz	Normal	Avanzado
----------	--------	----------

SI	NO
----	----

	Poco					Mucho				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Me gusta el software										
El software es útil										
El software es desafiante										
El software me hace estar activo										
Volvería a ocupar el software										
Recomendaría este software a otros niños/jóvenes										
Aprendí con este software										
El software tiene distintos niveles de dificultad										
Me sentí controlando las situaciones del software										
El software es interactivo										
El software es fácil de utilizar										
El software es motivador										
El software se adapta a mi ritmo										
El software me permitió entender nuevas cosas										
Me gustan los sonidos del software										
Los sonidos del software son claramente identificables										
Los sonidos del software me transmiten información										
Las imágenes, colores y brillos de la pantalla me transmiten información(*)										

(*)- aplicable sólo cuando el niño posee resto visual

1.- ¿Qué te gustó el software?

2.- ¿Qué no te gustó el software?

3.- ¿Qué agregarías al software?

4.- ¿Para qué crees que te puede servir el software?, ¿Qué otros usos le darías al software?

5.- ¿Te gustó utilizar el joystick? ¿Por qué?

Observaciones o comentarios

Anexo 2

Pauta de Evaluación con preguntas abiertas

Antecedentes

Nombre del Software

	FECHA: Tiempo:
--	-------------------

Nombre del niño

Edad

Sexo

--	--	--

Resto Visual

SI	NO
----	----

Cuestionario

1.- ¿El software es útil para ti? ¿Por qué?

--

2.- ¿Qué es lo que más te gustó del software?

--

3.- ¿Qué no te gustó del software?

--

4.- ¿Los botones que hay en el software son fáciles de usar? ¿Por qué?

--

5.- ¿Te acuerdas qué teclas usaste y para qué?

--

6.- ¿La información que te entrega el software, es suficiente para saber qué hacer y lo que sucede?

--

7.- ¿Qué te parecieron los sonidos del software?, ¿Le agregarías más?

--

8.- ¿Qué te parecieron las imágenes del software?, ¿Le agregarías más?

--

9.- Cuéntame ¿De qué se trata el software?, ¿Te acuerdas que personajes habían?

--

10.- ¿Qué crees que le falta al software para mejorarlo? ~~(sólo si responde la pregunta 9)~~

--

Anexo 3

Pauta Evaluación PYOM

Nombre del Software

Nombre del Usuario

Edad

Género

--	--	--

Resto Visual

SI	NO
----	----

Nivel de Estudios

Universitario	
Técnico	
Enseñanza Media	
Enseñanza Básica	
No tiene Estudios	

Trabaja

SI	NO
----	----

Nivel del evaluador

Aprendiz	Normal	Avanzado
----------	--------	----------

1. En el software, ¿Cuáles fueron tus problemas de ubicación?

2. En el software, ¿Cuáles fueron tus problemas de orientación?

3. ¿El software te es útil?