

Sistema Auxiliar Basado en Android para el Tránsito de Usuarios del Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México

Yaxkin Flores Mendoza, Axel Ernesto Moreno Cervantes, Miguel Ángel Moran Flores

Escuela Superior de Cómputo-IPN, Av. Juan de Dios Bátiz s/n esquina Miguel Othón de Mendizabal. Unidad Profesional Adolfo López Mateos. Col. Lindavista C.P. 07738, México, D.F.
floresya@hotmail.com, axelernesto@gmail.com,
mikesaurio@hotmail.com

Abstract. This paper shows the development of a guiding Android-based system for passengers to transit through México City's Subway System, "SmartWay", which uses technologies based on user location, such as: geocells and / or mobile phone's intensity power vectors. Moreover, the system's features includes: the generation of the shortest path between two stations, subsystem of warning proximity to the target station, voice recognition commands, posting messages on Facebook and image processing to manipulate Subway's map. The goal of SmartWay is to assist passengers to travel around the city, indicating the nearest stations to the user location and generate the shortest path.

Keywords: Geocell, information system, mobile device, power vector.

1 Introducción

En la actualidad el Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC Metro), conocido coloquialmente como Metro (por la contracción de tren metropolitano), constituye la infraestructura física, técnica y humana más importante con la que cuenta el Gobierno de la Ciudad de México para enfrentar la demanda de servicios de transporte. De acuerdo con los datos revisados en la referencia [1], el Metro tiene una red de 200 kilómetros de vías dobles, distribuidas en 11 líneas y 175 estaciones, cuenta con 302 trenes, de los cuales 201 son para la operación diaria, y realiza 1 millón 157 mil 490 vueltas, lo que se traduce en una oferta de servicio de 3.4 millones de lugares anuales. Además, de los casi 9 millones de personas que habitan en la Ciudad de México [2], el 80% utiliza el transporte público [3], y casi 1.5 millones corresponde a la afluencia de usuarios del Metro durante el año 2010. Estos datos reflejan el constante movimiento de la población usando este medio de transporte; sin embargo, es precisamente debido a su extensión que para algunas personas, llámense turistas nacionales o extranjeros, que por alguna razón acuden a la Ciudad de México, o incluso residentes de la misma, resulta complicado planear su trayecto de un punto a otro, convirtiéndose esto en un problema. Por otro lado, el avance de la tecnología ha hecho posible que 9

de cada 10 personas posean celulares y 1 de cada 7 cuenten con Smartphones [4]-[6], los cuales tienen la misma funcionalidad de los celulares pero además pueden manejar cualquier tipo de cuenta de correo electrónico, acceder a redes inalámbricas (Wi-Fi), visualizar varios tipos de archivos de oficina y, por supuesto, tienen una alta capacidad de personalización en cuanto a la adición de aplicaciones y gadgets que los hace prácticamente ilimitados en funciones. Debido a esto se están convirtiendo en una herramienta primordial para la gente común y de negocios, es decir, no son de uso exclusivo de los estándares sociales altos. Con lo anterior podemos observar que se necesita el uso de tecnología en las actividades cotidianas, actualmente, el STC Metro cuenta con un programa en su página web que obtiene de la ruta más corta entre una estación origen y una destino, sin embargo lo que nosotros queremos de resolver es que la obtención de la ruta más corta, los sitios interés cercanos a una estación y la ubicación de la estación más cercana entre otras funcionalidades sea en cualquier momento y lugar, todo esto haciendo uso de los Smartphones.

2 Estado del arte

Dadas las características de los Smartphones, actualmente existen aplicaciones, las cuales se han dividido en globales, nacionales e institucionales, basadas en estos dispositivos que ayudan a los usuarios del Metro en su tránsito. En la tabla 1 se muestran algunos ejemplos:

Tabla 1. Resumen de aplicaciones similares a SmartWay.

NIVEL INTERNACIONAL

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS
Metro	Aplicación móvil elaborada en el S.O. <i>Android</i> para ver los mapas de los sistemas de tránsito, Metro, autobuses y trenes de 180 ciudades de todo el mundo. Con esta aplicación se puede: Ampliar los mapas, encontrar el camino más corto entre las estaciones seleccionadas, así como encontrar la estación más cercana junto a la ubicación del usuario, además de obtener información sobre las estaciones. La interfaz está desarrollada en varios idiomas particularmente inglés, ruso y francés, la actualización de mapas es de forma automática [7].
Java Metro Madrid 2.0	Con ésta aplicación se puede visualizar el mapa con todas los trasbordos de metros y realizar búsquedas de las estaciones. Cuenta con todas las líneas y estaciones ordenadas y organizadas alfabéticamente, pudiendo localizar cualquiera de estas. Funciona en todos los teléfonos móviles que soporten java [8].
Metro de Madrid en tu iPhone / iPod Touch	Ofrece características de cálculo de rutas según trasbordos y duración del trayecto, diagramas del Metro de Madrid y localización de la estación más cercana [9], [10].

NIVEL NACIONAL

<p>Metro DF</p>	<p>Es una aplicación desarrollada para iPhone, la cual provee información sobre las 11 líneas del Metro de la Ciudad de México y sus 175 estaciones y un buscador en el cual se escribe la dirección y da información de la estación más cercana a la ubicación del usuario usando Google Maps [11].</p>
<p>Aplicación Metro México</p>	<p>Es una aplicación con la que se puede observar los diagramas de Metro del DF, Guadalajara y Monterrey, permite localizar las estaciones en un mapa para la parte de DF [12].</p>

NIVEL POLITÉCNICO

<p>Orientación visual de las rutas del STC Metro (2010)</p>	<p>Se trata de un sistema de orientación tipo kiosko que, además de detallar a usuarios de este transporte aspectos de las rutas, brinda datos de los sitios de interés cultural, más cercanos a cada estación del Metro y de eventos artísticos a celebrarse en el Distrito Federal. Otra innovación de este producto tecnológico es que integra una cama termográfica que capta la temperatura corporal del usuario para conocer su nivel de estrés [13].</p>
--	---

Como se puede observar, los sistemas tienen características similares como: la visualización de los mapas del STC Metro, así como encontrar la estación cercana a la ubicación del usuario, además de generar la ruta más corta entre los puntos seleccionados y mostrar los lugares de interés alrededor de la estación destino.

3 Metodología utilizada

“SmartWay” es un sistema auxiliar para el tránsito de usuarios del STC Metro de la Ciudad de México para dispositivos con Sistema Operativo Móvil Android, está conformado por tres módulos mismos que son mostrados en la figura 1 y descritos a continuación:

3.2 Creación de trayectos

Permite al usuario ingresar una estación origen y destino para mostrarle la ruta que tenga el menor número de transbordos y distancia entre estas. Además se podrá hacer uso de una alarma cuando el trayecto se haya creado, esta se activará una estación antes del destino, si estas últimas pertenecen a las líneas 1, 2, 3 o 5 del STC-Metro. Para la obtención de la ruta más corta se utilizó el algoritmo de A*, que trata de una especialización o concreción del algoritmo general de búsqueda de grafos en su versión BF (Best First), en la que la función de evaluación se define como una estimación del coste del camino solución condicionado a pasar por el nodo a evaluar [14]. La idea principal de este algoritmo es: Minimizar el coste estimado total de un camino en el árbol de búsqueda combinando, el coste para llegar al nodo n (se conoce exactamente: g), y el coste aproximado para llegar a un nodo meta desde el nodo n (estimado por el valor heurístico h*). La función heurística de A* está dada por:

- Coste real del plan (camino) de mínimo coste que pasa por n.

$$f(n) = g(n) + h(n) \tag{1}$$

- Estimación de f.

$$f^*(n) = g(n) + h^*(n) \tag{2}$$

A* mantiene dos estructuras de datos auxiliares, que podemos denominar abiertos, implementado como una cola de prioridad (ordenada por el valor f de cada nodo), y cerrados, donde se guarda la información de los nodos que ya han sido visitados, eligiendo el nodo de valor f* mínimo [13]. En la figura 2 puede apreciarse un ejemplo del uso de este algoritmo.

7	6	5	6	7	8	9	10	11		19	20	21	22
6	5	4	5	6	7	8	9	10		18	19	20	21
5	4	3	4	5	6	7	8	9		17	18	19	20
4	3	2	3	4	5	6	7	8		16	17	18	19
3	2	1	2	3	4	5	6	7		15	16	17	18
2	1	0	1	2	3	4	5	6		14	15	16	17
3	2	1	2	3	4	5	6	7		13	14	15	16
4	3	2	3	4	5	6	7	8		12	13	14	15
5	4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Fig. 2. Ejemplo de aplicación del algoritmo A*

La aplicación toma en cuenta distancias y tiempos entre estaciones y transbordos, ésta información es obtenida de una base de datos dentro del Smartphone, se decidió esto debido a que si se optaba por un servidor la comunicación entre el dicho dispositivo y este dentro de las estaciones subterráneas no se podría realizar.

Por otro lado el funcionamiento de la alarma se debe a dos factores: para la ubicación de Estación externa se tienen las geoceldas y para la ubicación de Estación subterránea lo hace a través del ID de antenas de telefonía celular.

Una geocelda está marcado por una cadena hexadecimal que define una región rectangular dos dimensiones dentro de la $[-90,90] \times [-180,180]$ de latitud / longitud del espacio. Resolución de un geocelda se mide por la longitud de su cadena de etiqueta. Se empieza con 16 geoceldas marcados por el número de hexadecimal con un solo dígito y, posteriormente, dividir cada geocelda en más de 16 geoceldas etiquetados por cadenas hexadecimal con más dígitos.

A medida que se aumenta la resolución, la etiqueta de una geocelda se hace más largo y el área cubierta por la geocelda más granular [15] tal como se puede ver en la figura 3.



Fig. 3. Visualización gráfica de Geoceldas

Para que el funcionamiento de la alarma en estaciones externas e internas haya tenido un buen funcionamiento, el servicio creado deberá comparar la geocelda generada o la captura del ID de antena en el momento, con la que se encuentra almacenada en el Smartphone.

3.3 Sitios de interés

Permite al usuario ya sea por medio de comandos de voz o de una lista seleccionar una estación de la cual se muestran los sitios de interés categorizados y así poder recibir información turística de estos, además el usuario puede compartir dicha información a través de redes sociales como: Facebook y Twitter.

La aplicación utiliza el reconocimiento de voz que maneja el sistema operativo Android en versiones 2.2 o superior. La clasificación de categorías y subcategorías es la siguiente: Entretenimiento (cines, teatros, centro comercial, restaurantes & bares y centro de espectáculo), Cultura (Museo, Casa de Cultura e Iglesia), Educación (Escuela y Biblioteca), Salud (Hospital, Clínica y Farmacia), Áreas Verdes (Parques & Jardines, reservas ecológicas y Deportivo), Gobierno (Jefatura Delegacional, Juzgado Cívico, Ministerio Público, Oficina de gobierno y Oficina Postal), Servicios (Banco), Transporte (Central Camionera, Aeropuerto, Metrobús y Suburbano);

4 Resultados

Para la verificación del buen funcionamiento del sistema se realizaron diferentes casos de estudio, mismos que dadas su extensión no fue posible describir detalladamente aquí, pero pueden ser consultados vía web en la siguiente dirección: http://148.204.58.221/axel/smartway/pruebas_SMARTWAY.pdf. En estas pruebas se propusieron diferentes problemas apegados a la vida cotidiana y dando solución con la aplicación SmartWay. Se realizaron un total de 100 pruebas de forma independiente, es decir, cada módulo fue sometido a diferentes situaciones críticas, midiendo en cada una de ellas el tiempo en segundos que se tardaba en dar respuesta a cada petición hecha y posteriormente se compararon contra mediciones manuales que fueron hechas a diferentes personas sin el uso de la aplicación. Dado lo anterior, se observó que en el módulo de reconocimiento de voz se obtuvo un tiempo promedio de respuesta de 6.5 segundos. Además, se presentaron casos en donde no se reconocieron las siguientes estaciones: Miguel Ángel de Quevedo, UAM-I y Constitución de 1917. Estas fallas se produjeron por la extensión del nombre de estación, así como la presencia de caracteres especiales y/o números. Finalmente, se recomienda mantener el teléfono a una distancia no mayor de diez centímetros para obtener mejores resultados en el reconocimiento de las estaciones.

Por otro lado, el módulo de alerta de proximidad a la estación destino presenta una fuerte dependencia al identificador asociado a las antenas de telefonía instaladas en cada estación. Por lo tanto, algún cambio que se presente al respecto provocará que las alertas no funcionen apropiadamente.

En el caso de la búsqueda de la estación más próxima se obtuvo un tiempo promedio de respuesta de 0.91 segundos, siendo un tiempo aceptable.

Posteriormente se hicieron pruebas de integración de todos los módulos participantes para verificar que el funcionamiento de toda la aplicación fuera el adecuado.

Las pruebas se realizaron de esta forma para obtener resultados en tiempo real, y detectar las fallas que pudiesen presentarse de forma modular para evitar que afectara al desempeño funcional del sistema en general.

Por otra parte, la mayoría de las personas a quienes se les pidió realizar la dinámica realizaron rutas por estaciones conocidas no importando si éstas tenían más transbordos, debido a esto invertían más tiempo de lo planeado en realizar y seleccionar la ruta de forma empírica, de igual manera la búsqueda de una Línea o Estación desconocida era más tardado.

Usando la aplicación SmartWay se comprobó el correcto funcionamiento de los módulos (Un video tomado durante el uso de la herramienta SmartWay puede ser visto desde la siguiente dirección: <http://youtu.be/eazbys15cRE>), facilita a los usuarios su tránsito durante algún recorrido en el Metro y ahorra tiempo en el viaje para llegar de un punto a otro. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas fueron exitosos y el cumplimiento de los requerimientos fue alcanzado en su totalidad.

5 Conclusiones y trabajo futuro

Con la culminación del presente trabajo se obtuvo un sistema que funge como una guía de apoyo para los usuarios que transitan por el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México. Habiendo realizado las pruebas a la aplicación móvil se comprobó un buen desempeño, obteniendo en lo general tiempos de respuesta aceptables en cada módulo.

Se puede considerar en un futuro enlazar Smartway con un medio de actualización periódico el cual permita a la aplicación móvil mantenerse vigente y con ello brindar un mejor servicio al usuario. El tipo de información que se puede contemplar son: suspensión de estaciones debido a eventos, manifestaciones, inundaciones, etc. De igual manera incorporar nuevos sitios de interés, así como la suspensión de servicio de alguno de ellos debido a remodelaciones, bloqueos, etc.

Una extensión natural del sistema smartway es rediseñar la aplicación móvil para poder incluir algún otro sistema de transporte público de la ciudad de México. Tales como el Metrobus y tren suburbano. De tal manera se tendría una aplicación amplia la cual sería una herramienta más útil para que los pasajeros puedan viajar más fácilmente por el área metropolitana.

Finalmente, la aplicación móvil en un futuro puede ser adaptada como herramienta oficial del STC Metro, ayudando no sólo a las personas que cotidianamente viajan por este transporte, si no, también incrementando el turismo, debido a los sitios de interés que se puedan agregar posteriormente, y a su vez los usuarios puedan difundir con otras personas en sus redes sociales u otros medios de la existencia de la aplicación y así generar publicidad sin tener que invertir en medios físicos.

Agradecimientos

Se agradece a la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional por las facilidades otorgadas para el desarrollo del sistema “Smartway”.

Referencias

1. STC METRO. (2011). Equipo del Metro de la Ciudad de México. [online] Retrieved from: <http://www.metro.df.gob.mx>. [Accessed: 3 October 2011].
2. INEGI. (2011). INEGI. [online] Retrieved from: <http://www.inegi.org.mx>. [Accessed: 3 October 2011].
3. Lobo A. (2011). Transporte público sustentable: Movilidad con calidad de vida. [online] Retrieved from: http://www.circuloverde.com.mx/artman2/uploads/1/8/_transporte_sustentable.pdf. [Accessed: 29 October 2013].
4. Solís V. (2011). Bajo la sombra de los Smartphones. [online] Retrieved from: <http://www.eluniversal.com.mx/notas/735597.html>. [Accessed: 5 Enero 2011].

5. Cristal P. (2008). Nuevas estadísticas telefónicas en México. [online] Retrieved from: <http://vivirmexico.com/2008/05/nuevas-estadisticas-telefonicas-en-mexico>. [Accessed: 29 October 2011].
6. Uber D. (2010). Estadísticas del uso de los móviles en América Latina. [online] Retrieved from: <http://www.celularis.com/mercado/estadisticas-moviles-america-latina.php>. [Accessed: 4 October 2011].
7. Roman G. (2010). aMetro. Subway on Android. [online] Retrieved from: <http://www.ametro.org>. [Accessed: 4 October 2011].
8. MuchoMóviles team. (2009). Metro Madrid 2.0 Aplicación Java Para Móvil. [online] Retrieved from: Disponible en: <http://www.muchomoviles.com/metro-madrid-20-aplicacion-java-para-movil>. [Accessed: 2 November 2010].
9. Apple Inc. (n.d.). Madrid Subway by Presselite. [online] Retrieved from: <http://itunes.apple.com/app/madrid-subway/id303811539?mt=8>. [Accessed: 29 October 2013].
10. Apple Inc. (2010). Metro Madrid by PhoneSoftware. [online] Retrieved from: <http://itunes.apple.com/app/metro-madrid/id292665921?mt=8>. [Accessed: 29 October 2010].
11. Apple Inc. (2010). Metro DF y algo más... Por AMT Desarrollos. [online] Retrieved from: <http://itunes.apple.com/mx/app/metro-df-y-algo-mas/id367589411?mt=8>. [Accessed: 29 October 2010].
12. Apple Inc. (2010). Metro México by Nahum Jaimes Nava. [online] Retrieved from: <http://itunes.apple.com/app/metro-mexico/id314015529?mt=8>. [Accessed: 29 October 2013].
13. IPN. (2010). Diseñan un Módulo de Orientación Visual de las Rutas del STC Metro. Gaceta Politécnica, Noviembre (2010).
14. Adler V., Jared F. and Tikhon B. (2007). Comparación Estrategias de Búsqueda. [online] Retrieved from: <http://es.scribd.com/doc/53453308/Comparacion-de-Estrategias-de-Busqueda-Admisibles>. [Accessed: 29 October 2012].
15. Nurik R. and Shen S. (2009). Geospatial Queries with Google App Engine using GeoModel. [online] Retrieved from: <https://developers.google.com/maps/articles/geospatial>. [Accessed: 29 October 2012].

