

Sistema de notificación de proximidad para red transporte público de pasajeros.

D. SÁNCHEZ¹, W. L. CALDERÓN²

^{1,2}Ingeniería en Computación, ESIME-IPN, México D.F., México

e-mail: daniel.sanc.carm@gmail.com wcalderonp0700@gmail.com

RESUMEN — Se presenta la construcción del prototipo de un sistema de información móvil de seguimiento de transporte público y notificación a los usuarios beneficiados por la Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal; haciendo uso de las nuevas tecnologías en dispositivos móviles en plataforma Android. Enfocándose en el diseño, desarrollo y resultados.

Este sistema puede ser implementado por el gobierno del Distrito Federal, las limitantes, serían:

Completar la base de datos con las estaciones de todas las rutas, y que los conductores tengan un dispositivo con las características para ejecutar la aplicación, o en dado caso se tendría que acoplar con el sistema de posicionamiento integrado con las unidades, si se cuenta con él.

Palabras clave: **Sistemas de información, tecnologías de la información, dispositivos móviles, Android, transporte público.**

ABSTRACT – The construction of the prototype of a mobile monitoring of public transport and notification information system is presented to benefit users from the network of transport of passengers of Mexico City; making use of new technologies in mobile devices on Android platform. Focusing on the design, development and results.

This system will be implemented for the Government of Mexico City, the constraints, could be:

Complete the databases with all stations for the routes, and the bus drivers will have a smartphone with the necessary specifications to execute the application or in such case the system would have to join with the integrated Global Position System in units of transport.

Keywords: **information systems, the information technologies, mobile devices, Android, public transport.**

I. INTRODUCCIÓN

En la Ciudad de México, a partir de que se comenzaron a diseñar las diferentes rutas de transporte, y se empiezan a utilizar los autobuses como sistema de transporte colectivo, se ha planteado ofrecer a los usuarios periodos promedio en arribos de las unidades a las estaciones, esto, regularmente carece de exactitud dado que los factores externos no se

pueden medir, causando en el usuario la dificultad de decidir si esperar o no una unidad de esa ruta.

En la actualidad se puede observar que se ha incrementado considerablemente el uso de dispositivos móviles, con la aparición de estas tecnologías móviles se le han facilitado múltiples servicios a los usuarios, como conexiones a internet por redes de datos, mensajerías instantáneas, servicios de ubicación, servicios de notificaciones, etc. Elementos que en conjunto se pueden aprovechar para contribuir en la experiencia de los usuarios del transporte público y brindarles un mejor servicio.

El problema principal que al mismo tiempo representa una gran oportunidad para los objetivos de este trabajo de investigación es que los usuarios de la ruta Bosque de Nativitas – Metro San Lázaro de la red de transporte de pasajeros del Distrito Federal carecen de una herramienta que les permita decidir acertadamente que tan conveniente es esperar una unidad de la ruta u optar por una alternativa de transporte, debido a que por razones externas, llámese accidentes viales, condiciones climáticas, movimientos de protesta, las unidades de transporte se ven afectadas para cumplir con el itinerario establecido.

Se optó en direccionar los beneficios de este proyecto a la red de transporte público, dada la preferencia que tiene por los usuarios del transporte en general por sus ventajas de rapidez y de seguridad del mismo, siendo la forma de transporte más económica del Distrito Federal.

Dado que este artículo es relacionado con el desarrollo de aplicaciones en dispositivos móviles, específicamente en la plataforma Android, se hace uso de las herramientas integradas en sus dispositivos y en los servicios que brindan una completa interacción con ellos.

II. SISTEMA DE NOTIFICACIÓN POR MENSAJERIA EN LA NUBE

La mensajería en la nube de Google (del inglés Google Cloud Messaging GCM) es un servicio gratuito proporcionado por Google para la comunicación entre el servidor del desarrollador a sus usuarios. Este servicio maneja colas de mensajes que entrega a las aplicaciones de los usuarios. Teniendo como límite el tamaño de los mensajes, el cual es de 4 Kb por cada uno, pero teniendo como cualidad él envió ilimitado de estos.

No es necesario que la aplicación se esté ejecutando para recibir mensajes. Ya que los servicios de Google son los

encargados de recibir el mensaje y en ese momento el Sistema despierta la aplicación Android, siempre y cuando la aplicación sea configurada con el receptor de difusión adecuado y permisos, este servicio puede ser incorporado a dispositivos que cuenten con Android versión 2.2 o superior, ya que tienen instalado la suite de aplicaciones Google Store. Como requerimiento para dispositivos con Android menor a la versión 4.0.4 para el uso de los servicios, se debe contar con una cuenta de Google en el dispositivo, para posteriores no es necesario.

El proceso que debe seguir GCM para la notificación es:

Etapas 1. Identificación

1. Enviarle al servidor de Google el SENDER ID y Application ID.
2. El servidor de Google los atrapa y regresa un Registration ID, el cual sirve para identificar el dispositivo.
3. El Registration ID se envía al servidor de los desarrolladores y se almacena, para identificar el dispositivo.

Etapas 2. Mensajería

4. Del servidor de desarrolladores se enviarán los mensajes al servidor de Google, acompañados del Registration ID y de la credencial para poder acceder a los servicios de Google.
5. El servidor de Google se encargará de hacerle llegar el mensaje al o los usuarios conectados.

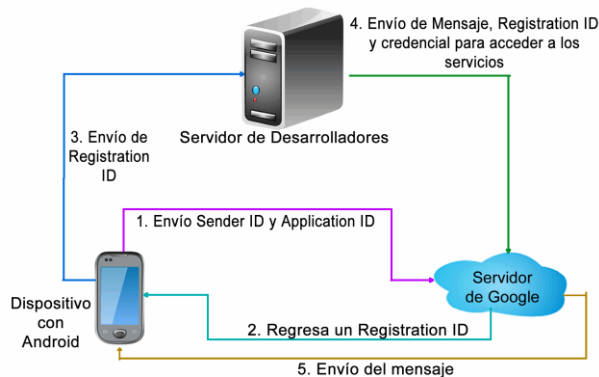


Fig. 1 Diagrama de funcionamiento GCM

III. DETECCIÓN DE UN PUNTO GPS UTILIZANDO FRONTERAS

El Sistema de Posicionamiento Global (de sus siglas en Inglés GPS Global Positioning System), es un sistema de navegación basado en satélites de comunicación que fue desarrollado por el Departamento de Defensa Americano.

La idea básica del GPS es simple, si la distancia de un punto de la Tierra (un receptor GPS) a 3 satélites son conocidas, y se conoce la localización de los satélites, entonces un punto (receptor GPS) puede ser determinado simplemente aplicando conceptos conocidos de intersección de esferas.

En los dispositivos móviles conocer la localización, permite que un sistema sea más completo al ofrecer una información real al usuario.

Cuando se desarrolla una aplicación de reconocimiento de ubicación para Android, se puede utilizar el GPS y la ubicación a través de la red de proveedores de servicios de telefonía.

Aunque el GPS es más preciso, sólo funciona al aire libre, consume un mayor porcentaje de energía de la batería y conlleva un mayor tiempo de procesamiento para la obtención de los datos de ubicación.

La Red de Proveedores de Ubicación de Android determina la ubicación del usuario utilizando la torre celular y señales Wi-Fi, proporcionando información sobre la ubicación de una manera que funciona en el interior y al aire libre, respondiendo más rápido y utilizando menor cantidad de energía de la batería.

Para obtener datos de la ubicación de un dispositivo en el sistema, se puede utilizar tanto el GPS como el servicio de proveedor de red, para la realización del sistema se eligió utilizar el GPS, debido a su precisión.

A. Cálculos con coordenadas de GPS

Para resolver el problema de decidir si un punto en el plano esta sobre el triángulo, hacemos uso de algunas ideas del Algebra Lineal como es la Combinación Lineal de espacios vectoriales.

Teorema de la combinación Lineal [5]

Sean V_1, V_2, \dots, V_n vectores en un espacio vectorial V .

Entonces cualquier vector de la forma:

$$V = a_1V_1 + a_2V_2 + \dots + a_nV_n \quad (1)$$

Se llama combinación lineal de los Vectores V_1, V_2, \dots, V_n .

Los escalares a_1, a_2, \dots, a_n . Se llaman coeficientes de combinación lineal [5].

Dependiendo de los valores que tomen los coeficientes de la combinación lineal, determinará que el vector resultante esté dentro de la combinación lineal. La forma de solucionar para cada valor de los coeficientes se hace con una resolución de un sistema de ecuaciones formado con los componentes de los vectores conocidos, o con una serie de sumas y restas de productos cruz entre ellos V, V_1, V_2, \dots, V_n si los coeficientes son mayores que cero, se dice que V es una combinación lineal de los vectores.

Para esto consideremos un ángulo con un vértice V_0 , como se muestra en la Fig. 2.

En la Fig. 2, los vectores V_1 y V_2 son los rayos del ángulo con vértice en v_0 . Ahora tomamos un punto v y lo expresamos como:

$$V = V_0 + a_1V_1 + a_2V_2 \quad (2)$$

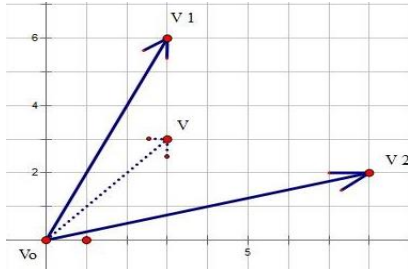


Fig. 2 Triangulo imaginario

Resolviendo para a_1 y a_2 obtenemos:

$$a_1 = \frac{V \otimes V_2 - V_0 \otimes V_2}{V_1 \otimes V_2} \quad (3)$$

$$a_2 = - \frac{V \otimes V_1 - V_0 \otimes V_1}{V_1 \otimes V_2} \quad (4)$$

Dónde:

Sabemos que el producto cruz entre dos vectores de dos dimensiones es:

$$U \otimes V = U_x V_y - U_y V_x \quad (5)$$

La fórmula definida para vectores en dos dimensiones $U \times V$, es una derivación del cálculo formal.

Para este caso si a_1 y a_2 son mayores que cero tenemos una combinación lineal de los Vectores V_1 y V_2 , esto quiere decir que el punto V está dentro del ángulo formado por los dos vectores.

IV. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

B. Diseño

El sistema se pensó para ser compuesto por tres partes fundamentales:

1. Estación central de control para almacenar bases de datos, funciones para la comunicación cliente - servidor, almacenamiento, actualizaciones y cálculos necesarios.
2. Aplicación para extraer los datos del GPS de un Dispositivo Móvil, informando así a la central de control de la ubicación de las unidades de transporte.
3. Aplicación para el usuario de la RTP que le notifique cuando una unidad de transporte esté dentro de la periferia de los puntos de ascenso y descenso autorizados seleccionados por el mismo.

Las cuales se detallan a continuación en forma de diagrama a bloques.

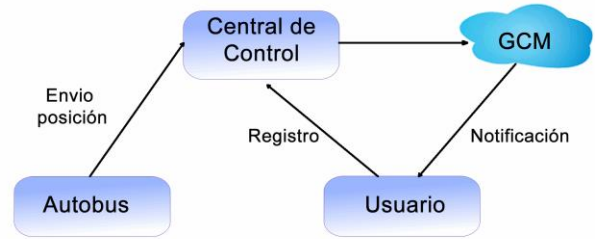


Fig. 3 Diagrama General del Sistema

C. Desarrollo

Central de control

La central de control es la encargada de la recepción de la información y de su análisis.

Se compone por tres segmentos:

1. Base de datos.
2. Funciones para procesamiento en el sistema, desarrolladas con el lenguaje de programación PHP(Hypertext Preprocessor)[7], siendo el intermediario entre el manejador de base de datos y las necesidades de las aplicaciones.
3. Comunicación con el servidor externo de Google y los usuarios.

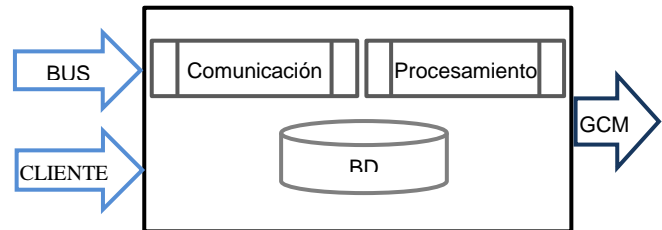


Fig. 4 Diagrama Central de Control

Es importante mencionar que las solicitudes en el servidor serán evaluadas por una serie de procesos y así saber si son aptos para recibir un mensaje de notificación a través de GCM.

Se hace uso de un servidor Mac OSx Server 10.7 con microprocesador Intel Xeon 3.4 GHz, 12 GB de RAM y 1 TB de almacenamiento; el cual tiene instalado Apache 5.0 HTTP Server, PHP 5 y MySQL Server 5.0.

Aplicación del cliente

Es el segmento del sistema que se encuentra fuertemente ligado con el servicio de mensajería en la nube de Google. Haciendo uso del servicio GCM para hacer llegar a los usuarios las notificaciones que el sistema genere.

Esta parte del sistema está soportada por las tecnologías JSON (Javascript Object Notation)[8], XML (Extensible Markup Language)[9] y JAVA[10], siendo enfocado para trabajar en la plataforma de dispositivos móviles Android que es el sistema operativo de la familia de dispositivos a quien va dirigida.

La Aplicación del Usuario, fue desarrollada para ser compatible con versiones de Android desde la 2.3 a la 4.4, haciendo uso también de un complemento “ActionBarSherlock”[11] para hacerla más interactiva.

Funciona de la siguiente manera:

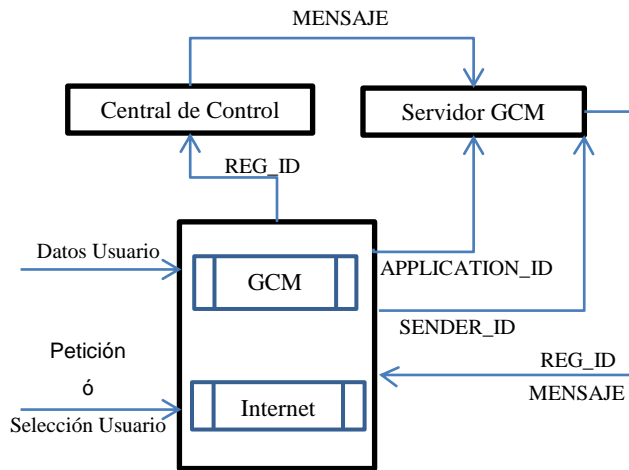


Fig. 5 Diagrama de la aplicación del usuario

1. Al usuario se le solicitarán un par de datos para que quede un registro en la central de Control, dicho proceso también servirá para dar de Alta al mismo usuario en el servidor de Google Cloud Messaging, quien le asignará un identificador único para ser distinguido entre todos los usuarios conectados al servicio de mensajería de Google, el proceso de registro en GCM es invisible al usuario.
2. Ya registrado podrá elegir una o más rutas de transporte público para descargar el conjunto de estaciones respectivas y almacenarlas. Cabe mencionar, que en la solicitud y descarga se hace uso del formato de intercambio de datos JSON, de esta manera desde el servidor de base de datos se tome el conjunto de estaciones que el usuario requiera y evitando así tener esa información embebida o precargada (hard core) en la aplicación, creando así una aplicación móvil que ocupe poco espacio, sea dinámica y cuente con la posibilidad de escalar en un futuro.
3. Al tener almacenadas las estaciones, el usuario realizará peticiones al servidor.

Aplicación del autobús

La Aplicación del Autobús hace uso del hardware embebido en el dispositivo móvil, en este caso el módulo GPS.

1. El Autobús se registra, con los datos de las placas de la Unidad, la ruta a la que pertenece y el nombre del conductor, estos datos ayudan a identificar al Autobús por ruta y placas.
2. Se proveen los datos del módulo GPS del dispositivo móvil de los satélites dedicados al GPS.
3. La longitud y la Latitud son datos importantes que se manipulan, estos datos se mandan al Servidor para ser validados.
4. Automáticamente los datos se actualizan en segundo plano después de cumplirse un intervalo de entre 30 y 40 segundos, para actualizar la posición del autobús y repetir el proceso desde el punto número tres.

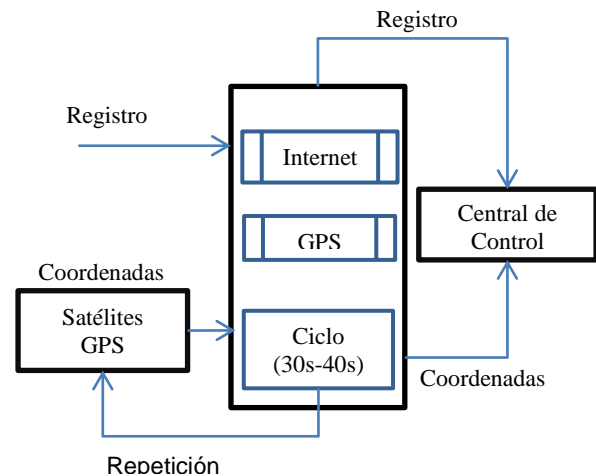


Fig. 6 Diagrama de la aplicación de autobús

Cabe mencionar que como descubrimiento en algunas pruebas la Aplicación es compatible con la tecnología GPS y la nueva tecnología en servicios de Ubicación de dispositivos móviles A-GPS.

V. RESULTADOS

Se realizaron las pruebas iniciales cargando la base de datos con la información correspondiente de la ruta propuesta para la implementación de este proyecto (estaciones y tres periferias por estación).

Aplicación del Conductor del Autobús

Con un vehículo particular, para simular el autobús, se realizó la siguiente prueba:

Se hizo uso del dispositivo LANIX ILIUM S410 con Android 4.2.1 Jelly Bean del conductor, cargándosele la aplicación del autobús y se realizó el recorrido de una sección de la ruta, dentro de la cual se encontraban las estaciones seleccionadas por el usuario [Figura 6].

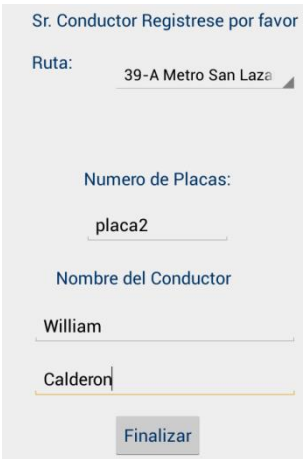


Fig. 7 Registro del Conductor y la Unidad

Durante el trayecto la aplicación estuvo actualizando y proporcionando los datos de ubicación en un intervalo de tiempo de 30 a 40 segundos aproximadamente [Figura 7], cabe mencionar que el tiempo en obtener estos datos del GPS varía, dependiendo las circunstancias externa no controladas, como las condiciones climáticas por ejemplo si el cielo está despejado, nublado o si está lloviendo, y los obstáculos físicos como puentes vehiculares y peatonales, edificios, etc.




Fig. 8 Actividad del Actualización de Posición

Aplicación del Cliente

Para comenzar la sección de pruebas seleccionamos la ruta de la cual queríamos conocer sus estaciones [figura 6], después pasamos a seleccionar las estaciones existentes [Figura 7].

En el momento que se analizaron las estaciones adecuadas se pasó a realizar las peticiones de notificación de cuatro estaciones a través de la aplicación del usuario (Hacienda

Mazatepec, las Bombas, Santa Ana y Taxqueña) teniendo un registro exitoso de la aplicación en el servidor para atender.



Fig. 9 Selección de Ruta en LANIX ILIUM S410, Android 4.2.1



Fig. 10 Solicitud de notificación de estación de un HTC Explorer, Android 2.3.5

Teniendo nuestras variables de prueba cargadas en la central de control comenzamos el recorrido en el mismo vehículo en el que se llevaba el dispositivo con la aplicación del autobús, con el objetivo de cotejar que estuviéramos dentro de la periferia de la estación.

Mientras el vehículo avanzaba se verificó exitosamente que el servicio de notificaciones y recepción de peticiones al servidor fue correcta dado que teníamos respuesta del servidor, el inconveniente que se tenía era el ineficiente funcionamiento de la red de datos en el dispositivo simulador del autobús.

VI. DISCUSION

Con respecto a los resultados obtenidos se podría afirmar que el sistema es suficientemente funcional para su implementación a una mayor escala, abarcando la totalidad de las rutas de la red de transporte de pasajeros del Distrito Federal.

Sin descartar futuras actualizaciones dónde se implementen otros componentes que permitan darle mayor funcionalidad al sistema.

VII. CONCLUSIÓN

A partir de las pruebas realizadas, se concluye que el sistema tiene un eficiente diseño de arquitectura, brindando una base sólida al sistema. Los resultados nos indican que puede ser expandido para más usuarios, atendiendo simultáneamente las peticiones enviadas al sistema, con el inconveniente de ligeros retrasos en el envío y recepción dadas las condiciones de la red de datos telefónica.

Al realizar las pruebas se detectaron posibles alternativas de uso, sin ser enfocada al uso por un conductor de la unidad de transporte; por ejemplo, si se conoce el destino, pero no se sabe con exactitud la ubicación del mismo, que el sistema notifique cuando se esté dentro del perímetro de la estación.

VIII. REFERENCIAS

- [1]. Romero Rojano, Antonio [2003]. Sistema de localización y seguimiento de móviles utilizando el Sistema de Posicionamiento Global. Tesis de maestría publicada. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Distrito Federal, México.
- [2]. Martínez Osorio, José A. Sistema de rastreabilidad GPS con interface Web y SMS para dispositivos móviles. Tesis licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Distrito Federal, México.
- [3]. Kaplan, E. Understanding GPS: Principles and Applications, Edit. Norwood. MA: Artech House. 1990.
- [4]. Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal.-RTP. (Última modificación: viernes, 8 de febrero de 2013 12:46:24 p. m.) Consultado febrero 2014. http://www.rtp.gob.mx/red_rutas.html
- [5]. Combinación lineal. Departamento de Matemáticas, CCIR/ITESM. 10 de enero de 2011. Consulta diciembre 2013. <http://cb.mty.itesm.mx/ma1010/materiales/ma1010-05.pdf>
- [6]. Google Cloud Messaging for Android. (n.d.). Android Developers. Modificado 10 de marzo, 2014. Consultado 21 de noviembre, 2013 <http://developer.android.com/google/gcm/>
- [7]. PHP. Modificado sábado, 5 de abril de 2014 07:00:39 a. m. Consultado jueves, 20 de marzo de 2014. <http://www.php.net/>
- [8]. JSON. Modificado sábado, 1 de marzo de 2014 11:53:25 a. m. Consultado jueves, 20 de marzo de 2014. <http://www.json.org/>
- [9]. Extensible Markup Language (XML). Modificado martes, 29 de octubre de 2013 05:43:43 p. m. Consultado jueves, 20 de marzo de 2014. <http://www.w3.org/XML/>
- [10]. Ceballos, Fco. Javier. Java 2 “Curso de programación”. 4ª Edición. Edit. Alfaomega - Ra-Ma. Febrero 2011.
- [11]. Wharton, Jake. “ActionBarSherlock”. Modificado lunes, 7 de octubre de 2013 02:13:32 a. m. Consultado lunes ,27 de enero de 2014. <http://actionbarsherlock.com/>
- [12]. Introduction - Google Places API — Google Developers. Modificado lunes, 30 de diciembre de 2013 10:35:34 p. m. Consultado martes, 19 de noviembre de 2013. <https://developers.google.com/places/documentation/>