

# DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN PARA REDES CELULARES DE TIPO *GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE (GSM)* Y *UNIVERSAL MOBILE TELECOMUNICATIONS SYSTEM (UMTS)* USANDO EL EMULADOR *MOBILE POSITIONING SYSTEM 6.0.1* PROVISTO POR LA EMPRESA ERICSSON.

Paúl A. Prócel M.   Luis M. Prócel M.   René Játiva\*   Julio Arauz

Colegio de Ciencias e Ingeniería, USFQ.

## Resumen

En el presente artículo se describe el trabajo de programación de una aplicación para un servicio basado en localización (LBS: *Location Based Service*) usando el emulador MPS 6.0 proveído por la empresa Ericsson, el cual corre bajo redes GSM y UMTS. La aplicación consiste en que un usuario con una estación móvil envía un mensaje de texto corto (SMS) solicitando la dirección de un servicio específico a la aplicación LBS. Esta aplicación localiza a la Estación Móvil (MS: *Mobile Station*) y consulta en una base de datos la dirección de los locales que ofrecen el servicio solicitado que se encuentren cerca del cliente. Para emular el servicio, se programaron dos servlets, el primero emula la MS y el segundo es la aplicación LBS. El lenguaje utilizado en este software es JAVA. Además se realizan algunos análisis estadísticos del error de posición como es el cálculo del intervalo de confianza de la media del mismo y un análisis factorial.

**Palabras Clave.** Mobile Station (MS) Location Based Services (LBS). Global System for Mobile Communications (GSM). UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

## Introducción

En 1999, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) en Estados Unidos elaboró normas para el sistema inalámbrico de emergencia 911 [1]. En este sistema de emergencia, las líneas de comunicación 911 están destinadas únicamente para atender reportes de crímenes en progreso, incendio o requerimiento de ambulancias y primeros auxilios. Los objetivos de estas normas son mejorar la confiabilidad de las llamadas al 911 por celular, y proporcionar al personal de respuesta de emergencia y seguridad pública la información necesaria para que éstos puedan localizar y ayudar a los usuarios de teléfonos móviles de manera más efectiva. El gobierno de Estados Unidos, a través de la FCC, impuso un plazo a las compañías de telefonía móvil para que cumplan con el servicio de localización [2], dando apertura a la aplicación de servicios basados en localización (LBS).

En telefonía móvil actualmente existen tres tecnologías dominantes en el mundo: Interim Standard 136 (IS-136), Interim Standard 95 (IS-95) y GSM [3]. El IS-136 es un sistema de Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA: *Time Division Multiple Access* TDMA), que permite el acceso simultáneo a un canal por parte de varios usuarios organizados en distintas ranuras de tiempo. TDMA es la tecnología digital pionera en tecnología creada a partir de AMPS.

El IS-95 por su parte es un sistema de acceso múltiple por División en Código (CDMA: *Code Division Multiple Access*), en el cual múltiples usuarios acceden

a un canal, compartiendo la frecuencia, pero con códigos diferentes. Por las características de diseño puede resultar más eficiente en ciertos aspectos y permitir un mejor uso del espectro. El uso de esta tecnología predomina en Norteamérica [2].

La tecnología GSM se basa en la conmutación de circuitos de alta velocidad para la transmisión de voz y datos combinando ranuras de tiempo para cada canal, cuyo funcionamiento específico se explicará en el siguiente capítulo. GSM fue desarrollado en Europa y es la tecnología con mayor número de usuarios a nivel mundial.

En Ecuador el panorama de las comunicaciones móviles actualmente está dominado por GSM, aun cuando se está procediendo a una migración paulatina hacia UMTS. Aún más, la venta de la frecuencia e infraestructura de la operadora BellSouth a Telefónica aumentó el número de usuarios GSM, pues esta última compañía operadora, al ser de origen europeo, tiene preferencia por el uso de este tipo de red, por lo que actualmente ha abierto el soporte para esta tecnología, e inclusive está planificado migrar el sistema a GSM en su totalidad.

Es necesario mencionar que de acuerdo a la mayoría de redes GSM y UMTS a nivel mundial tienen infraestructura fabricada por la compañía Ericsson.

Aprovechando las oportunidades que ofrecen las aplicaciones de localización, se ha enfocado el trabajo en brindar servicios útiles para los clientes de telefonía

celular. De esta manera, el presente artículo explica el desarrollo de una aplicación basada en servicios de localización por medio de mensajes escritos utilizando herramientas que emulan una red celular GSM. Dicha aplicación, en un ambiente simulado, permite al usuario de telefonía móvil realizar consultas sobre la ubicación de servicios cercanos brindando información rápida y versátil.

Con el fin de determinar el error de la aplicación, se crearon dos escenarios virtuales: urbano y rural en dos tipos de red: GSM y UMTS.

### Materiales y métodos

En el desarrollo del presente proyecto, se utilizaron conceptos definiciones y fundamentos técnicos de redes GSM, UMTS, y servicios SMS [6]. A continuación se explican las técnicas de posicionamiento en sistemas de telefonía móvil.

#### Técnicas de Posicionamiento

Los datos requeridos para el posicionamiento pueden ser obtenidos en la red (Network based) o en la estación base (Handset-based). Los sistemas basados en la red se fundamentan en realizar mediciones de la señal en varios puntos de la red, luego estos datos son enviados a un centro de procesamiento y finalmente se determina la posición de la estación móvil. Los sistemas que obtienen su posición en la estación móvil (determinan su propia posición), realizan mediciones de sensores geográficamente distribuidos para, luego de procesar su propia información y calcular su posición. El caso más común es GPS incorporado en una MS. [4]

Considerando este punto de vista, Younge [5], realizó la siguiente clasificación:

- Técnicas basadas en la red.
- Técnicas basadas en la Estación Móvil (MS: Mobile Station)

#### Técnicas basadas en la red

**Ángulo de arribo (AOA).**- Determina la posición del teléfono móvil mediante triangulación en 2 dimensiones, pues se tiene, en por lo menos dos estaciones base, el ángulo de arribo de la señal del teléfono móvil, y es posible realizar la intersección para determinar la posición como es ilustrado en la Figura 1 a). Requiere la instalación de antenas especiales en las estaciones base.

**Tiempo de Arribo (TOA).**- Determina la posición de la MS a partir de la intersección de círculos de distancia con centro en las BS como se puede ver en la Figura 2.7. b). Los radios son las distancias calculadas a partir del tiempo de arribo en la propagación de la señal.. Se requiere que las estaciones base se encuentren en perfecta sincronía de tiempo.

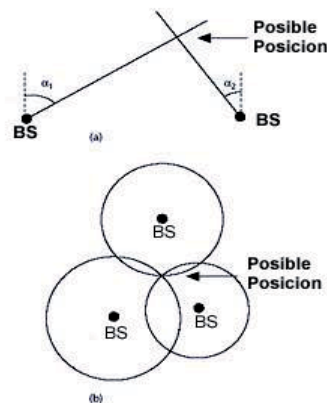


Figura 1. Métodos de determinación de posición: a) Ángulo de Arribo; b) Tiempo de Arribo. [7]

**Parámetro de Avance de Tiempo (Timing Advance – TA).**- El parámetro TA es una estimación de la distancia (en incrementos de 550 m) desde la estación móvil a la estación base. La medición está basada en el retardo de acceso entre el inicio de una ranura de tiempo en la estación base y la llegada de ráfagas desde la estación móvil para la misma ranura. El retardo de acceso es proporcional a la distancia entre la estación base y la estación móvil. En otras palabras, el TA corresponde a la diferencia de tiempo que hay entre la ranura de tiempo reservada en la estación base y cada vez que es recibida una señal que la estación móvil transmite para dicha ranura de tiempo como está ilustrado en la figura 2.

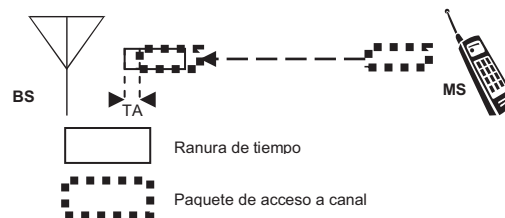


Figura 2. Parámetro de Avance de tiempo.

**Técnicas de Radio Propagación.**- Determina la posición de la MS a partir del nivel de potencia de la señal recibida a partir de un mapa de las características de propagación de RF de la celda, previamente realizado.

**Tecnologías de Posicionamiento en SS7-Red Móvil.**- Utiliza las actualizaciones de posicionamiento de la red celular. De este modo, el SS7 contiene la identificación de la celda de origen (COO) o cell ID donde se encuentra la MS. Luego, si la red es GSM utiliza el Código de Identificación del Estación Base (BSID) o el MAP; y, si es CDMA se basa en la señal estimada de calidad (SQE, ANSI-41) que designa la MS a la BS o un Requerimiento de posición (PosReq). La aplicación LBS puede encontrarse en la mitad de este proceso,

generando mensajes de requerimiento de posición hacia el HLR. El HLR puede responder con la información aproximada como COO o con información más precisa como es el Tiempo de arribo (TA, time of arrival) o el MAP para GSM.

### Técnicas Basadas en la Estación Móvil

**Diferencia Observada de Tiempo (E-OTD, Enhanced Observed Time Difference).**- Estima la propia posición a partir del tiempo de ida y arribo (RTT, Round Trip Time) obtenidos a partir del TOA de tres o más estaciones base (BS). En este método la MS mide el tiempo de una señal en recorrer dos veces la distancia a tres o más BS, de este modo realiza el cálculo de la distancia aproximada y puede establecer su propia posición aproximada.

**Período vacío de recepción OTD de arribo (IPDL-OTDOA, Idle Period Downlink OTD Of Arrival).**- Consiste en una triangulación a partir del tiempo desde o hacia tres o más BS, en un área dentro del UTRAN (en UMTS). En el esquema de diversidad ortogonal de transmisión (OTD), existe un tiempo de diferencia entre la transmisión y la recepción, este es el tiempo a partir del cual se calcula la distancia a la UTRAN.

**Sistema de Posicionamiento Global (GPS).**- Consiste en modificar la MS agregando un GPS que se interconecta con señales de sincronía con tres o más satélites, de este modo la MS establece su posición, realizando cálculos a partir del tiempo.

intervención de la BS a fin de mejorar la precisión de la posición dada por el GPS. Este método es el más preciso de todos, como se muestra en la tabla 1.1.

En la tabla 1 se puede apreciar la precisión esperada para los métodos descritos anteriormente. Se puede llegar a concluir que los métodos basados en la red tienen poca precisión comparados con los métodos basados en la estación móvil. Cabe mencionar que el sistema de posicionamiento que emulamos en nuestro proyecto es Timing Advance combinada con la ubicación del Cell ID.

Nuestra propuesta consiste en realizar una aplicación LBS basada en SMS utilizando programas de emulación y escenarios virtuales. Es decir, se consideró la infraestructura genérica de aplicaciones basadas en SMS para integrar una aplicación LBS basada en Tecnologías de Posicionamiento en SS7- Red Móvil, básicamente, aunque la aplicación podría basarse en cualquier método de posicionamiento basado en la red.

### Arquitectura de la aplicación LBS

La estructura general del servicio que estamos implementando consiste en un requerimiento de mensaje de texto, como se explica a continuación:

- Envío de un mensaje de texto a un número corto, con una sola palabra que describa el servicio deseado por el cliente.
- El mensaje y el número de la MS que realizó la petición es entregado a la aplicación LBS.
- La aplicación LBS ubica la MS y consulta en una base de datos las direcciones de los locales

Tecnología de Posicionamiento	Precisión	Red	Requerimientos de FCC
IN/SS7 Cell ID	200m-10km	GSM/CDMA	Basadas en la Red 100 metros 67% de veces, 300 metros 95% de veces
AOA	100m-2km	GSM/CDMA	
TOA,TA	500 m	GSM/CDMA	
EFLT / U-TDOA	250 – 350m	GSM/CDMA	
TOA, RTT	100-200m	GSM/CDMA	Basados en la MS 50 metros 67% de veces, 150 metros 95% de veces
E-OTD, AFLT	50-200m	GSM	
GPS	60s, 10-30m	GSM/CDMA	
A-GPS	1s, 1-10m	CDMA	
A-GPS/AFLT		CDMA	

Tabla 1. Precisión de posicionamiento por método usado. (Mark L. Younge P.E. ATIS GSC Delegation)

**GPS Asistido (GPS-A).**- Se utilizan dispositivos adicionales de la red de telefonía móvil junto con datos obtenidos de los satélites de GPS para determinar la posición de la MS. En este método, existe la

Debido a que la red del emulador no incluye el sistema de SMS, los elementos de red de este servicio debieron ser implementados en la programación de la aplicación.

del servicio deseado más cercanos a la MS.

- La aplicación LBS entrega las direcciones de los locales y sus nombres a la MS por medio de un SMS.

La figura 3 muestra la arquitectura de la aplicación, en la cual se observa que la aplicación está compuesta por dos computadoras y un conmutador.

## Resultados y discusión



Figura 3. Arquitectura de la Aplicación LBS

En la computadora 1 se encuentra almacenado la aplicación que contiene la interfaz gráfica de la estación móvil y que realiza la función de puerta de enlace del servidor SMS. En el segundo ordenador se encuentran la aplicación del emulador, la aplicación LBS y la base de datos. El punto de mayor probabilidad de encontrar a la MS en el sector entregado por el emulador, es el centro geométrico del mismo. Luego de obtener las coordenadas del centro geométrico, la aplicación LBS realiza una consulta a la base de datos.

El sistema realiza los siguientes pasos:

1. De la computadora 1 (MS) se envía un mensaje al número corto 4040, solicitando el nombre y la dirección de un servicio determinado. Este mensaje es enviado por medio de una conexión SSL.
2. La computadora 2 (LBS) recibe el mensaje, y calcula la posición de la MS usando el emulador MPS-SDK 6.0.1.
3. La aplicación LBS calcula el centro geométrico del sector entregado por el emulador.
4. Con los datos del centro geométrico y el tipo de servicio solicitado, se realiza una consulta a la base de datos, la cual entrega el nombre y la dirección del servicio más cercano a las coordenadas del centro geométrico.
5. En la interfaz gráfica de la aplicación LBS se publica una imagen satelital de la región de búsqueda donde se resalta el posible sector donde se encuentra la MS,
6. Esta información es entregada a la MS (computadora 1).

Escenario	Red	Intervalo de confianza para la media del error
Urbano	GSM	269.73 ±11.71m
Rural	GSM	302.36±38.75m
Urbano	UMTS	1088.06±15.10m
Rural	UMTS	925.88 ±53.24m

Tabla 2. Resumen de los intervalos de confianza del error de posición en los distintos escenarios y tipos de red

Para el cálculo del error de posición, la aplicación se ejecutó en dos escenarios virtuales: urbano y rural creados en base a la aplicación GoogleEarth. Algunos factores influenciaron en la selección de estos escenarios como es la densidad de las de las estaciones base, siendo esta mayor en el escenario urbano. Cada uno de estos escenarios es emulado en una red GSM y en una UMTS.

Para el análisis factorial de los efectos se planteó lo siguiente [8]:

A: Tipo de red

B: Escenario

Donde las hipótesis son:

H0: Efecto A = 0

HA: Efecto A ≠ 0

H0: Efecto B = 0

HA: Efecto B ≠ 0

H0: Efecto AB = 0

HA: Efecto AB ≠ 0

El resultado obtenido se puede visualizar en la Tabla 3.

Como el valor F0 para cada efecto es mayor que el valor de la distribución F con  $\alpha = 0.05$  y con los respectivos grados de libertad (1,288) se rechaza H0 para los tres efectos. Esto significa que los tres efectos son estadísticamente significativos en la respuesta de la variable de interés. Igualmente, en este análisis mientras más grande es el valor de F0, más significativa es su influencia en la variable de respuesta. En nuestro análisis en particular, se tiene que el efecto más significativo es el tipo de red seguido por el efecto combinado de ambos factores (tipo de red y tipo de escenario), por último el efecto menos significativo es el tipo de escenario.

El error de posición medido para redes UMTS es mayor que para redes GSM, debiendo considerar además que la media del error obtenido para redes UMTS para ambos escenarios es alrededor de 1km, lo cual es inaceptable para este tipo de red, ya que en la práctica el error de posición para redes UMTS es menor que para redes GSM. Se puede plantear la hipótesis de que el método para posicionamiento en redes UMTS no está depurado en el emulador. Sin embargo, no existe la documentación detallada para explorar más el tema.

La media y la varianza del error en los escenarios rurales son mayores que en escenarios urbanos en redes GSM, lo cual está explicado por la densidad de estaciones base, que es mayor para escenarios urbanos que en rurales, en otras palabras, la distancia entre estaciones base es mayor para escenarios rurales. Los datos de posicionamiento proporcionados por el emulador son aceptables para redes GSM, por lo que se recomienda el uso del emulador para este tipo de redes. En redes UMTS la media del error es mayor para escenarios urbanos que para rurales, esto muestra

FV	SC	GL	CM	F <sub>0</sub>	F <sub>0.05,1,288</sub>	
<b>A</b>	36603826.45	1	36603826.45	1295.64588	<3.94	rechazo H <sub>0</sub>
<b>B</b>	196944.40	1	196944.40	6.9711347	<3.94	rechazo H <sub>0</sub>
<b>AB</b>	522149.50	1	522149.50	18.4822439	<3.94	rechazo H <sub>0</sub>
<b>error</b>	8136406.82	288	28251.41			
<b>Total</b>	45459327.17	291				

**Tabla 3.** Tabla ANOVA para el diseño factorial de nuestro experimento

nuevamente un posible error en el emulador ya que por la densidad de estaciones base debería ser todo lo contrario. Por los errores mencionados en el emulador en redes UMTS, es recomendable no utilizarlo en aplicaciones basadas en este tipo de redes.

El efecto con mayor influencia en el error es el tipo de red, lo cual es coherente si consideramos que la media del error para escenarios UMTS es aproximadamente de 1km y para redes GSM es alrededor de 250m. Sin embargo, es importante recordar que el emulador tiene errores grandes para redes UMTS. El segundo efecto que influye es el efecto combinado de los factores: tipo de red y tipo de escenario. Por último, el efecto que menos influye, aunque es estadísticamente significativo es el tipo de escenario. El orden significativo de los efectos se debe al error del emulador para redes UMTS antes mencionado.

El emulador no cumple las tolerancias especificadas en la ordenanza E911, las cuales son de 100m para el estimado de la posición en el 67% de las llamadas y 300m para el 95%. Esto se debe a que el método de posicionamiento usado es CGI+TA y este método tiene una resolución aproximada de 550m y varía de acuerdo al radio de la celda.

### Agradecimientos

A Julio Arauz por la guía y ser el mentalizador del presente proyecto. A nuestros profesores: Bruce Hoeneisen, Javier Dávila, Diego Benítez, Nelson Herrera, Santiago Navarro, Carlos Marín, Fausto Pasmay y en especial a René Játiva por su excepcional y valiosa ayuda en el desarrollo de este trabajo.

### Referencias bibliográficas

1. Federal Communications Commission; 2008 "911 Services".
2. Charny, B. 2003 July 1 "GSM gaining ground in North America". CNET News.com.,
3. Martínez, E. 2001. "Evolución de la tecnología celular". Revista NET News.com.

4. Drane, C.; Macnaughtan, M.; Scott, C. 1998. "Positioning GSM Telephones". IEEE Communications Magazine, pp 47
5. Younge, M "Identification and Location Services (ILS)", L. P.E. ATIS GSC Delegation GSC-9. Seoul.
6. Smith, C.; Collins D. 2002. *3G wireless networks*. McGraw Hill.
7. Zhao, Y. 2002 "Positioning for 3G Systems". IEEE Communications Magazine, 40: 108-116.
8. Devore, J. 1998. *Probabilidad y estadística para ciencias e ingeniería*. México D.F. Editorial Thompson.