



Estudio de la gestión de localización en redes GSM

Por Serguei Guerra Fernández, Profesor Facultad 2 Sistemas Digitales;
Alain Osvaldo Pérez Hernández, Vicedirector del Centro de Telemática y
Arianna Pérez Carmenates, Profesora, Departamento Telecomunicaciones,
Universidad de las Ciencias Informáticas.
sgfernandez@uci.cu, aoperez@uci.cu, acarmenates@uci.cu

Introducción

Las comunicaciones inalámbricas emergen en 1901 cuando Guillermo Marconi, desarrollador de la radiotelegrafía, logra transmitir, por primera vez, su voz a través del Océano Atlántico. Desde entonces, varios sucesos han contribuido a mejorar y revolucionar esta tecnología, que experimentó un crecimiento incomparable durante el siglo XX, de tal modo que en la actualidad continúa su desarrollo a velocidades increíbles, destacándose la telefonía móvil.

Cuba pretende unirse a este proceso de desarrollo con la mayor rapidez y efectividad posible, al hacer de la telefonía móvil un medio fiable y de uso regular entre sus habitantes. Los primeros pasos se remontan al año 2001 cuando se adquirieron los medios necesarios para instalar GSM. Entre los servicios básicos que esta tecnología brinda se encuentran: voz, mensajería corta, protección de llamadas, *roaming* universal, eficiencia espectral y compatibilidad con la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que garantizan cali-

dad y variedad en los servicios. Un papel muy importante en las redes GSM corresponde al sistema de localización que se encarga, entre otras funciones, de encontrar la celda exacta donde se halla un móvil, actualiza su posición y la registra en el Registro de Localización de Visitantes —*Visitor Locator Register* (VLR)—.

Sin embargo, en el país no se trabaja en la línea de los servicios de localización de móviles, así como tampoco se explotan todas las potencialidades de la arquitectura GSM existente. Por la importancia y escasez de referencias bibliográficas sobre el tema, surge la necesidad de crear una base de conocimientos de los servicios y técnicas de localización en GSM, que enfatiza el modo de realización de ambos y abarca, además del VLR, el Registro de Localización Base —*Home Locator Register* (HLR)—. En este sentido, se propone un método de localización para la red GSM en Cuba a partir de la integración de la identidad global de celda —*Cell Global Identity* (CGI)— y el avance de tiempo —*Timing Advance* (TA)—.

En consecuencia, el presente estudio se centra en la necesidad de establecer una base de conocimientos que permita desarrollar soluciones sencillas y flexibles de servicios para la localización de móviles en redes GSM. Al seguir esta idea y el inminente crecimiento del número de abonados de la red móvil del país, la propuesta contribuirá al avance de plataformas empresariales a fin de ofrecer servicios integrales, como la orientación geográfica, enfocados al cliente final. El objetivo es proveer servicios atractivos que permitan usar de manera eficiente la red móvil del país y, además, generar mayores facilidades al usuario por parte del operador. Específicamente, los servicios de localización le proporcionarían información sobre los servicios de interés más próximos, de forma automática o solicitada. De este modo, sería posible conocer los hospitales, farmacias, restaurantes, estaciones policiales y

talleres de reparación más cercanos a la ubicación del terminal móvil. Es importante acotar que el éxito de estos servicios depende del nivel de actualización de los datos consultados, así como de la precisión de la localización. Los servicios basados en la localización son el campo de la telefonía celular con más éxito económico y estratégico en la industria móvil; tema en el que Cuba aún está virgen, de ahí la relevancia de esta investigación en la búsqueda de la independencia y soberanía tecnológica que persigue el país.

Evolución y estado actual de la tecnología GSM

GSM en el ámbito internacional

“A comienzos del decenio de los ochenta, los sistemas celulares analógicos experimentaron un crecimiento en Europa, donde cada país desarrolló su propio sistema incompatible con el resto, lo que impedía la interoperabilidad más allá de sus fronteras. Esta situación no era deseable debido a que la movilidad se limitaba a cada país y, por consiguiente, los mercados eran muy limitados. En 1982, la Conferencia Europea de Correos y Telégrafos, —*Conférence of European Post and Telegraphs* (CEPT)— formó un grupo de estudio denominado Grupo Especial para Móviles —*Groupe Special Mobile* (GSM)— para desarrollar un sistema paneuropeo de telefonía móvil” [1]. Los factores que promovieron la aparición de GSM fueron: la limitación de la capacidad y la saturación de los sistemas analógicos, la conveniencia de un sistema de cobertura europea y el intento de establecer un estándar europeo para la industria.

En 1989 la responsabilidad del GSM fue transferida al Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones —*European Telecommunications Standards Institute* (ETSI)—, que definitivamente nombró al proyecto como *Global System for Mobile Communications*. GSM comenzó su servicio comercial a mediados de 1991 y, en 1993, tenía 36 redes en 22 países. A principios de 1994 había

1,3 millones de usuarios, y para 1995 alrededor de 10 millones. Rápidamente GSM trasciende las fronteras europeas y se convierte en un estándar internacional de gran aceptación. Hasta el 2008 existían 2,76 billones de suscriptores del servicio móvil para GSM en todo el mundo, lo que significa un incremento de 600% en los últimos seis años. Este servicio es ofrecido por más de 930 redes comerciales GSM en más de 222 países a nivel mundial, lo que implica un nivel de crecimiento que supera el logrado por cualquier otra innovación que haya implicado un cambio en el estilo de vida [2].

GSM en el ámbito regional de América Latina y el Caribe

GSM ha tenido un desarrollo vertiginoso en el área de América Latina y el Caribe según la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) [3]. Surge en 1996 cuando Orange Caribe despliega los servicios comerciales en la banda del espectro de los 900MHz, en las Indias Occidentales Francesas. Pero no es hasta 1998 que Entel PCS, operador Chileno, realiza el lanzamiento de GSM en América Latina en la banda de los 1900MHz.

En el 2001, GSM se convierte en la tercera tecnología más usada en la región, después del Acceso Múltiple por División de Tiempo —*Time Division Multiple Access* (TDMA)— y el Acceso Múltiple por División de Código —*Code Division Multiple Access* (CDMA)—. La decisión de cambiar de CDMA a GSM —que influye en la mayoría de los operadores de toda América— llega después de que AT&T Wireless, de EE.UU., propusiera un serio plan de migración.

El año 2002 propició grandes cambios para la tecnología digital inalámbrica en la región, donde Brasil y su operador Oi lanzan la primera red comercial GSM en los 1800MHz, que superó los 500 mil clientes para finales de ese año. Durante el mismo período, varios operadores TDMA y CDMA anunciaban sus intenciones de implementar GSM.

Luego, en 2003, Telefónica Chile hace el lanzamiento comercial de EDGE en América Latina.

A comienzos de 2005, la cifra de usuarios conectados a redes GSM excedía a CDMA y TDMA para convertirse en la tecnología inalámbrica número uno de la región en términos de crecimiento, base y cantidad de nuevos clientes. Para el 2006 los servicios GSM se extienden a todos los países de la región de América Latina y el Caribe, y favorecen que casi el 70% de los abonados móviles del área fueran atendidos por estas redes. El crecimiento del número de abonados GSM hasta finales de 2007 ascendía a la cifra de 370 millones, y el servicio era ofrecido por más de 197 redes en más de 48 países de la región [4].

Hasta enero de 2008 existían más de 380 millones de suscriptores del servicio móvil para GSM en toda el área de Latinoamérica y el Caribe, lo cual implicó un crecimiento regional sin precedentes [2].

GSM en Cuba

En Cuba, dos entidades han sido las encargadas de llevar el tema de la telefonía móvil: la empresa mixta de Teléfonos Celulares de Cuba S.A. (Cubacel S.A.), y la empresa Cuba Comunicaciones (C_COM). La primera creada en diciembre de 1991, tenía como propósito la construcción, instalación, mantenimiento, operación y explotación de la red pública de radiotelefonía celular en todo el territorio nacional, conforme a la concesión otorgada por el gobierno cubano con fecha 22 de enero de 1992. La segunda fundada en el año 2000, comienza sus operaciones el 15 de agosto de 2001 con capital 100% nacional. Desde sus inicios Cubacel adopta la tecnología TDMA 2G, la cual brinda servicios de alta calidad de voz y datos por conmutación de circuitos en las bandas más usadas del espectro. Por su parte, C_COM acoge la tecnología GSM Fase 2+, introducida en el año 2001, cuando el Ministerio de la Informática y las Comunicaciones de Cuba (MIC) otorga la licencia de operación en la banda de los 900MHz.

El 16 de diciembre de 2003, el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros autorizó la fusión de las entidades referidas, con motivo de su incorporación a la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, S.A. (ETECSA). El propósito de esta unión fue integrar en una sola entidad todas las actividades relacionadas con la telefonía fija y móvil, así como otros servicios de telecomunicaciones del país para asegurar el proceso de investigación, la inversión, producción, prestación de servicios, su comercialización en Cuba y en el exterior, incluida la compra en el mercado externo de la asistencia técnica e insumos para la producción y los servicios, además de otras actividades que garanticen el funcionamiento normal del sistema y aportar a la economía nacional divisas libremente convertibles.

A partir de 2003, el incremento de Estaciones Base Transceptoras —*Base Transceiver Station* (BTS)— determina la cobertura de la red GSM. Esta tendencia en espiral se comporta como se muestra en la figura 1.

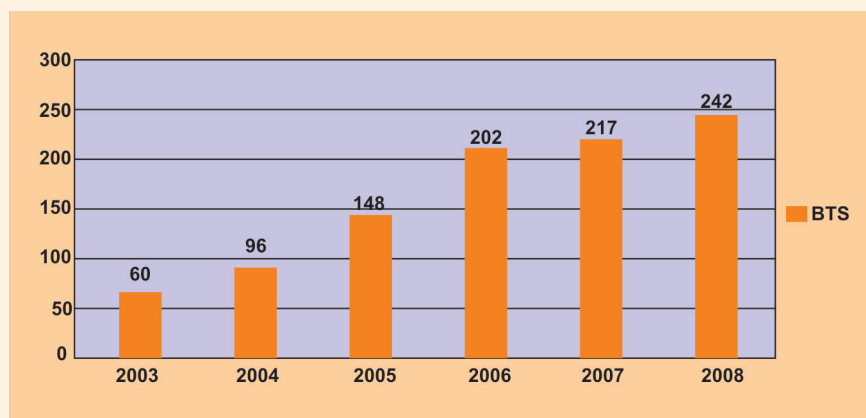


Figura 1 Número de BTS hasta el 2008. (Fuente: elaboración propia).

De esta forma, en 2008 el nivel de cobertura de GSM en el país era el siguiente:

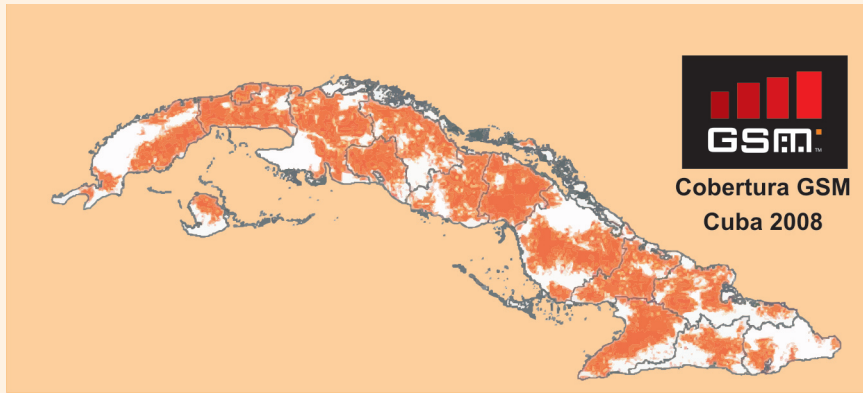


Figura 2 Mapa de cobertura de Cuba, 2008. (Fuente:[4]).

Caracterización de la red GSM

Estructura jerárquica

La red GSM tiene niveles jerárquicos que se corresponden con zonas o áreas de control:

- ♦Área de sistema GSM: donde un subscriptor GSM puede tener acceso.
- ♦Área del operador GSM: GSM-Red Móvil Terrestre Pública —*Public Land Mobile Network* (PLMN)—, donde un operador ofrece cobertura y acceso a la red —centros de conmutación, BTS y accesos a la red fija—.
- ♦Área de la central de conmutación móvil: parte geográfica controlada por una Central de Conmutación Móvil.
- ♦Área de localización (LA): grupo de células donde el sistema localiza a las estaciones móviles.
- ♦Área de cobertura de una célula: zona geográfica cubierta por una célula.

Arquitectura del sistema GSM

Como se observa en la figura 3, una red típica GSM está compuesta por entidades funcionales que se dividen en cuatro partes fundamentales: estación móvil —*Mobile Station* (MS)— y subsistema de estación base —*Base Station Subsystem* (BSS)—, subsistema de conmutación y red —*Network Switching Subsystem* (NSS)— y el subsistema de operación y mantenimiento —*Operating & Maintenance Subsystem* (OMSS)—.

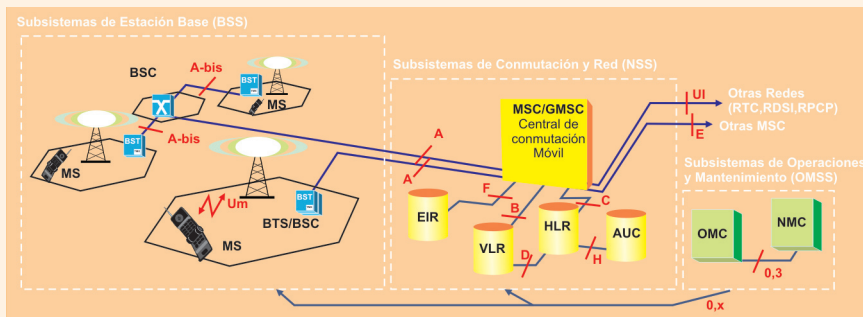


Figura 3 Arquitectura genérica de un sistema GSM. (Fuente: Elaboración propia).

Subsistema de conmutación y red

El NSS maneja todo el servicio de comunicaciones entre los móviles y la conexión a otras redes. Sus funciones principales son la localización automática, el seguimiento (*roaming*) internacional de las estaciones móviles, y el encaminamiento de las llamadas. Sus entidades funcionales son:

- ♦Central de conmutación móvil —*Mobile Switching Centre* (MSC)—: es el corazón de GSM y responsable, esencialmente, de la inicialización, el

enrutamiento, control y la finalización de las llamadas. Es una interfaz inteligente entre diversas redes GSM, o entre el BSS y las redes públicas de telefonía o datos.

- ♦MSC cabecera —*Gateway Mobile Switching Centre* (GMSC)—: gestiona las llamadas en las que interviene la red fija, y permite el interfuncionamiento de estas con la red móvil.

- ♦HLR: es una base de datos asociada a la gestión y administración de los usuarios, información de suscripción de abonados e información de localización de las estaciones móviles.

- ♦VLR: es una base de datos que almacena información dinámica de los usuarios transeúntes en la zona del MSC.

- ♦Registro de identificación de equipo —*Equipment Identity Register* (EIR)—: es una base de datos que contiene la lista de identidades de todos los equipos móviles validados en la red, donde el equipo GSM se identifica con su IMEI —*International Mobile Equipment Identity*— que es único.

- ♦Centro de autenticación —*Authentication Centre* (AUC)—: está asociado al HLR; es una base de datos que ofrece la información necesaria para la validación y autenticación de los usuarios por la red.

Subsistema de estación base

Se encarga de todas las funciones relacionadas con la transmisión y recepción vía radio, así como de la gestión, garantizando el control de interfaz de radio. Las entidades funcionales de BSS proporcionan cobertura radioeléctrica en el área celular y son responsables de establecer comunicación con los móviles del área de influencia, que son:

- ♦Controlador de estaciones bases —*Base Station Controller* (BSC)—: maneja las funciones de control de radio de la red GSM y efectúa la gestión de los recursos de radio de varias BTS.

- ♦BTS: contiene los dispositivos de transmisión y recepción por radio,

así como las antenas y los elementos para procesar las señales. Además, permite la conexión física entre él y las estaciones móviles a través de la interfaz de aire Um.

♦MS: Entidad que establece la unión entre el usuario y el sistema fijo de la red GSM, mediante la interfaz Um para acceder a los servicios proporcionados por la red.

Subsistema de operación y mantenimiento

Es una estructura muy compleja que realiza la gestión, explotación y el mantenimiento del sistema GSM, esta incluye equipos, líneas, instalaciones y software. Sus entidades funcionales son:

♦Centro de explotación de red —*Network Management Center* (NMC)—: constituye la máxima jerarquía dentro del sistema de explotación de la red GSM.

♦Centro de operación y mantenimiento —*Operating & Maintenance Center* (OMC)—: es responsable de la administración comercial, la gestión de cambios en la red, la operación de la red, la supervisión de la calidad de funcionamiento de la red, el mantenimiento, la tarificación y la gestión de la seguridad.

Gestión de la localización en GSM

En las redes móviles, el término localización se emplea para designar la conexión que se establece entre una BTS y un terminal móvil en un momento determinado.

Existen diferentes categorías de localización, donde este concepto está asociado a una localización física específica en el espacio del mundo real. Sin embargo, debido al auge de Internet, el término puede aludir a un lugar de encuentro virtual, por ejemplo, un sitio Web o una sala de chat. Generalmente, los métodos de localización predominantes se refieren a las localizaciones físicas y no a las virtuales, excepto para las áreas de los juegos móviles.

La localización física puede dividirse en tres subcategorías:

♦Localizaciones descriptivas: relacionadas con objetos geográficos naturales como territorios, montañas, lagos y a los objetos geográficos hechos por el hombre como fronteras, ciudades, países, autopistas, rutas y caminos, etc.

♦Localizaciones espaciales: representan un punto en el espacio Euclidiano, expresadas por medio de dos o tres coordenadas dimensionales dadas como un vector de números, donde cada uno fija la posición en una dimensión.

♦Localizaciones de red: se refiere a la arquitectura de una red de comunicaciones, que puede ser Internet u otro sistema como GSM. Están compuestas por muchas subredes interconectadas por una topología jerárquica de circuitos troncales y *backbones*. El servicio que brindan estas redes asume que la localización del dispositivo del usuario es conocida con respecto a la topología de red.

Gestión básica de la localización en sistemas de comunicaciones móviles

La gestión de localización es el conjunto de procesos empleados para mantener localizables a los terminales móviles del sistema. La información necesaria para obtener la localización de estos se encuentra en el HLR y el VLR. Sobre la base de la terminología GSM, los tres procesos fundamentales involucrados son:

♦Actualización de posición: su objetivo es mantener localizados a los terminales móviles y puede realizarse a nivel de celda, de modo que en cada momento se conozca la celda en la que se encuentra el móvil; sin embargo, esto ocasionaría un exceso de señalización, pues el móvil tendría que notificar la actualización de la posición cada vez que pase de una celda a otra. Consecuentemente, las operaciones se realizan a nivel de grupos de celdas en LA. Las celdas pertenecientes a una misma LA emiten un Identificador de Área de Localización —*Location*

Area Identifier (LAI)— común para todas, y el móvil solo informa su localización cuando pasa de una celda con un LAI a otra con uno diferente. Así se conoce el LA; pero no la celda exacta en la que se encuentra. La actualización de la posición implica la modificación del LAI almacenado en el VLR visitado por el móvil y la correspondiente notificación al HLR [5].

♦Paging: El terminal no divulga completamente su localización actual a la red; la red busca el terminal en todas las celdas. Si el terminal reconoce que es buscado, devuelve una respuesta de *paging* a la red. La BTS que el terminal seleccione para pasar la respuesta de *paging* debe ser la misma sobre la cual se transferirán los datos de conmutación de circuito.

♦Entrega de llamada: se efectúa en dos pasos: el primero, durante la fase de interrogación el sistema busca el móvil en su base de datos y obtiene como resultado el LA donde este se encuentra registrado; en el segundo, se procede a la búsqueda de rastreo del LA donde se halla el móvil llamado para averiguar la celda exacta donde se encuentra y poder entregar la llamada. Las celdas que componen esta LA pueden ser rastreadas, simultáneamente, por grupos de celdas con orden temporal [5].

Sistemas de localización

La idea de la localización mediante el radio de un móvil consiste en ubicarlo en el plano con cierto grado de precisión para saber exactamente donde se encuentra. El proceso de localización puede llevarse a cabo en áreas exteriores o en el interior de una edificación; previa consideración de los elementos principales, particularmente los de precisión, costo e implementación, el proveedor de servicios escogerá uno u otro método.

Son disímiles las técnicas que suelen emplearse, pero dependen en mayor grado de la precisión, aunque es válido destacar que los operadores móviles también tienden a utilizar la combinación de varios métodos de localización [7]. De esta manera, las

técnicas de localización más difundidas conforman tres grupos [6], [7]:

1. Técnicas basadas en identidad celular

- ♦ Identidad celular global —*Cell Global Identity* (CGI)—
- ♦ Identidad celular global perfeccionada —*Enhanced* (E-CGI)—

2. Técnicas basadas en la red

- ♦ Ángulo de llegada o arribo —*Angle of Arrival* (AoA)—
- ♦ Tiempo de llegada —*Time of Arrival* (TOA)—
- ♦ Diferencia de tiempo de llegada —*Time Difference of Arrival* (TDOA)—
- ♦ Huella multitrayecto —*Multipath Fingerprint* (MF)—
- ♦ Triangulación de señal

3. Técnicas basadas en la modificación del terminal móvil

- ♦ TOA con terminal modificado
- ♦ Diferencia de tiempo observado perfeccionada con terminal modificado —*Enhanced Observed Time Difference* (E-OTD)—
- ♦ Sistema de posicionamiento global —*Global Positioning System* (GPS)—

Análisis de factibilidad de la aplicación en Cuba de los métodos de localización

A continuación se analiza y expone cada uno de los métodos de localización que se tuvieron en cuenta al elaborar la propuesta para la red GSM en Cuba. Para ello, se siguieron los criterios de factibilidad, eficiencia y realidades de mercado.

Identidad celular global

La precisión de este método no está al nivel que exigen los usuarios especializados. A pesar de que no es el más indicado para ofrecer servicios de emergencia, es muy útil para la orientación geográfica; además, no implica grandes inversiones para su implementación y modificación en la red o terminal.

Ángulo de llegada o arribo

Requiere el uso de antenas *multiarrray* ubicadas en la BTS para determinar el ángulo de la señal incidente. Estos sistemas deben diseñarse para atender señales multitrayecto. Por otra parte, la

instalación y alineación de las antenas *multiarrray* en las BTS es un proceso complejo y caro, se necesitan instrumentos exclusivos para mediciones espectrales, lo que hace que esta variante requiera una inversión adicional. Si estas antenas sufrieran una leve modificación en su orientación debido al viento o a las tormentas, se producirían errores considerables en la estimación, debido a que se realiza sobre la base de ángulos absolutos respecto a la antena.

Tiempo de arribo

Presenta como desventaja la necesidad de realizar medidas con relación a tres BTS, como mínimo, para obtener una precisión aceptable en el cálculo de la posición de un terminal; es por eso que este método no es muy efectivo en zonas rurales donde es difícil encontrar las BTS requeridas. Además, se requiere de inversión agregada, debido a que los datos recopilados deben ser transmitidos a un servidor de localización, el cual realiza los cálculos y corrige los errores a través de métodos matemáticos.

Diferencia de tiempo de llegada

Este método es más preciso, con o sin modificación del terminal. A diferencia de AoA o TOA, realiza una sustracción entre tiempos que cancela los posibles errores por reflexiones, de ahí que la gran ventaja de esta técnica sea la de funcionar incluso sin señal de visión directa. Sin embargo, cuando se aplica con modificación en el terminal, precisa la instalación de nuevas tecnologías tanto en el móvil como en la red, en esta última con la instalación de LMUs —*Location Measurement Units*—. Un elemento desfavorable, al igual que en TOA, es la sincronización entre BTS, que de no ser así se traduciría en errores de precisión.

Huella multitrayecto

Tiene la desventaja de ser sensible a los cambios del entorno de medición, por ejemplo, las modificaciones constructivas, los desplazamientos de medios o los fenómenos naturales. Cada vez que esto ocurre, la huella multitrayecto varía y tiene que ser grabada nuevamente lo que implica un alto costo porque hay que trasladar los equipos de medición y el personal calificado hacia una LA afectada.

Sistema de posicionamiento global

Para recibir las señales de los satélites GPS, la BTS debe cumplir con los requisitos de hardware y software apropiados para captar estas señales, poder calcular la posición utilizando una marca de tiempo y la descripción del satélite recibido e informar a la red. La instalación de la tecnología para el procesamiento de la información de los satélites en los terminales móviles provoca un aumento de su tamaño y peso, así como del costo debido a los componentes añadidos y al aumento del consumo. A pesar de la gran precisión del sistema GPS, presenta, entre otros inconvenientes, el retraso de la señal en la ionosfera y la troposfera causada por la reflexión de las señales en superficies próximas al receptor. Esta técnica presenta casi las mismas desventajas que A-GPS; además, para ambas, se necesita la adquisición de terminales compatibles.

Propuesta de un método de localización para la Red GSM de Cuba a partir de la integración de CGI con TA

En la presente investigación, se decidió seleccionar la técnica híbrida, derivada de la combinación de los métodos CGI y TA (CGI/TA), aunque es preciso aclarar que el método escogido constituye una de las variantes de E-CGI.

Primero, se tomaron muestras de dos provincias, una con el nivel de densidad elevado de BTS y otra con el nivel medio. En ambos casos, las muestras representan objetos económicos de importancia vital para el país. Estas representaciones están compuestas por una superposición de la imagen de posicionamiento de BTS sobre una de cobertura, donde existe proporcionalidad directa entre la tonalidad fuerte y el nivel de cobertura. En la figura 4, correspondiente a la provincia Ciudad de La Habana, puede apreciarse que mediante la aplicación de CGI solamente y antenas sectorizadas, la precisión del método sería lo suficientemente buena para brindar un servicio óptimo. Si se une CGI/TA, el nivel de precisión respecto al área donde se encuentra el terminal sería elevado.

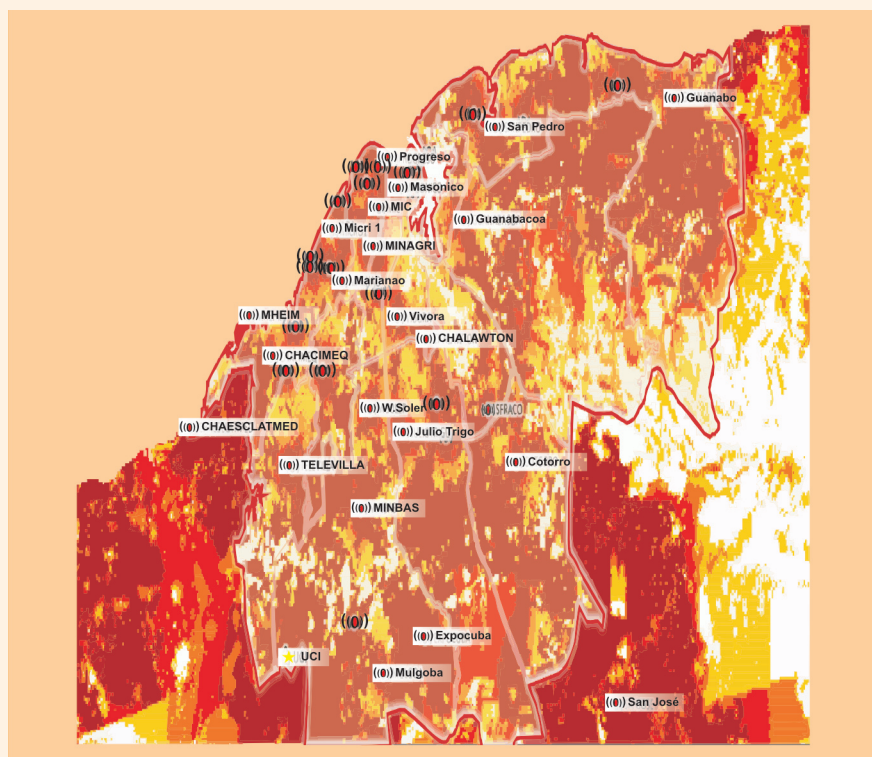


Figura 4 Mapa de cobertura de Ciudad de la Habana, 2008. (Fuente:[4]).

El mapa de ubicación de BTS y cobertura de Cienfuegos es un ejemplo de territorio con densidad media de BTS (Figura 5). La provincia está ubicada en un área de relieve sinuoso que propicia la abundancia de zonas de silencio, pero, a la vez, los lugares donde se encuentran las antenas cubren la demanda de cobertura en el área correspondiente a la autopista nacional, otra zona clave para el país.

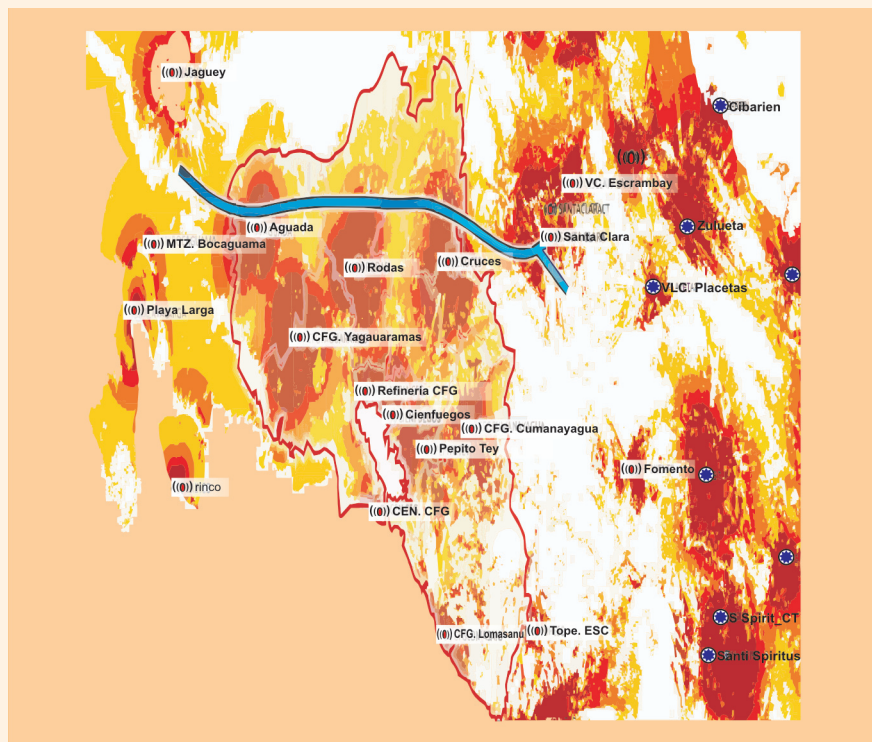


Figura 5 Mapa de cobertura de Cienfuegos, 2008. (Fuente:[4]).

El método de localización CGI está basado en la detección de la proximidad y, opcionalmente, pudiera utilizar el valor del TA que es continuamente medido por la BTS durante una conexión. Muchos operadores ofrecen CGI en su forma pura, lo cual aprovechan con el fin de desplegar soluciones de propiedad para diferentes vendedores. Según se advierte en el esquema de funcionamiento (Figura 6), el valor de TA permite identificar un anillo de posiciones potenciales del terminal objetivo con la BTS de servicio en su centro. En el caso de antenas sectorizadas, la posición potencial puede ser, además, reducida a una tercera o cuarta parte del anillo, en dependencia del ángulo de los sectores.

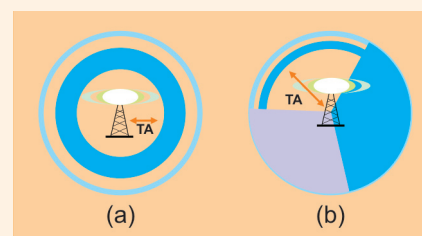


Figura 6 Avance de tiempo a) Con antenas omnidireccionales b) Con antenas sectorizadas. (Fuente: elaboración propia).

El flujo de control para el posicionamiento CGI/TA y el terminal objetivo, en modo dedicado o en estado de llamada, se muestra en la figura 7(a). Este flujo se efectúa entre el MSC a través del *Server Mobile Location Center* (SMLC), que es una implementación asociada al MSC y el BSC bajo el protocolo BSSAP-LE —*Base Station Subsystem Application Part LCS Extension*—, esta podría ser una de las vías de envío de los datos demandados que se mencionaban anteriormente. En el modo dedicado, el terminal transmite una ráfaga de datos en cierta ranura de tiempo de cada trama TDMA (1). Producto del arribo de una petición de posicionamiento, el SMLC envía una petición de TA a la BSC que actualmente sirve al terminal (2). Esto requiere que el SMLC tenga que identificar primero la BTS a la que el terminal está conectado en ese momento.

Luego, la BSC retorna el identificador de la BTS de servicio y el valor actual de TA (3). Además, la respuesta de TA puede incluir las últimas mediciones del radio de las BTS de servicio y las vecinas, las cuales periódicamente son transferidas desde el terminal al BSC para dar soporte a la decisión de *handover*. Entre otras características, estas mediciones comprenden la calidad y potencia de la señal de las BTS de servicio y las vecinas ya analizadas por el terminal, las cuales pueden ser utilizadas para refinar la estimación de la posición. Es importante resaltar que el SMLC generalmente actúa cuando se trabaja con el RRS de las celdas vecinas —*co-sided*—, lo cual constituye unas de las variantes más perfeccionadas y eficientes del E-CGI. En GSM, un terminal está conectado solamente con una estación base; por lo tanto, los valores de avance de tiempo para las estaciones base vecinas no están disponibles.

La figura 7(b) representa el flujo de control para localizar terminales en el modo inactivo, es decir, cuando ninguna conexión o transferencia de datos está en progreso y el valor de TA es desconocido. Después de recibir la petición de TA (1), el BSC tiene que fingir una llamada entrante hacia el terminal, poniendo las iniciales en una demanda de *paging* en todas las BTS del área de localización donde está registrado el terminal. El terminal, que siempre escucha las demandas de *paging* de la BTS con la mejor calidad de señal, responde a esta petición y transfiere una ráfaga de datos en la ranura de tiempo predefinida de un canal de señalización (3). Al medir el tiempo de llegada de esta ráfaga a la BTS se obtiene el valor deseado de avance de tiempo. La configuración en curso de la conexión falsa se interrumpe a su debido tiempo, a fin de que el suscriptor no reconozca la petición de *paging*. En el último paso, los parámetros mencionados son transferidos hacia el MSC que demanda (4).

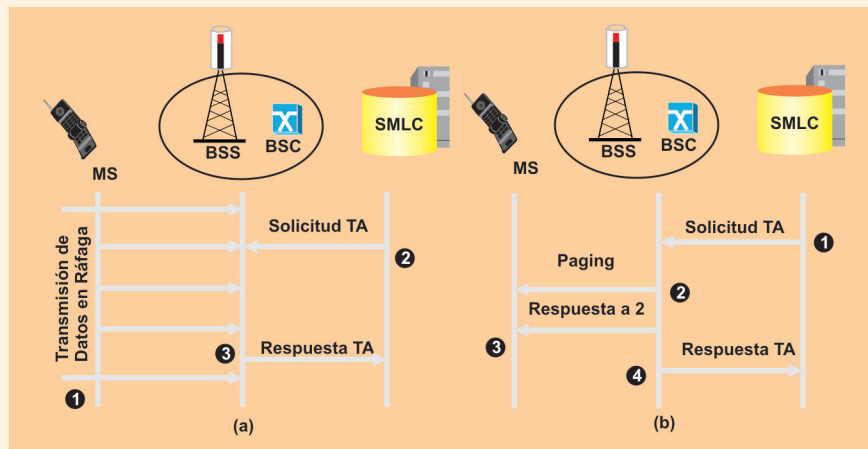


Figura 7 Control del TA en circuitos conmutados a) Modo dedicado b) Estado inactivo. (Fuente: elaboración propia).

ETECSA tiene a su haber las implementaciones asociadas al MSC, pero no el objetivo ni los recursos para manejar el control de LMUs. Esta aclaración es válida pues las fuentes revelan que una de las funciones más importantes del SMLC es controlar las unidades de medición. Dichas implementaciones aún no se encuentran en explotación.

Conclusiones

En la presente investigación se realizó un estudio de la gestión de localización en las redes GSM, en aras de crear una base de conocimientos que sirva para implementar estas funciones en el portal WAP que se desarrolla en la UCI para la Vicepresidencia de Servicios Móviles de ETECSA.

Con vistas a cumplir con los objetivos propuestos, se analizaron aspectos relacionados con la evolución, la arquitectura, el funcionamiento y estado de desarrollo de las redes GSM en el ámbito mundial, regional y nacional. También se expusieron los principales métodos y las técnicas de posicionamiento, que proporcionaron conocimientos sólidos referidos a la localización en redes GSM. En consecuencia, se propone un método de localización de acuerdo con la situación material y económica del país y con el estado actual de la red móvil en el mismo.

Los beneficios derivados de la implantación de los servicios basados en la localización, favorecerán el prestigio y desarrollo de nuevas infraestructuras de servicios móviles en Cuba, y permitirán al operador cubano la explotación de nuevos servicios, de ahí que este sea un tema con trascendencia económica y de gran impacto social.

A partir de las conclusiones referidas a la localización de terminales móviles en GSM, los autores recomiendan:

Implementar el método propuesto en el portal WAP que se realiza en la Facultad para la Vicepresidencia de Servicios Móviles de ETECSA.

Realizar un estudio de GPRS y los sistemas de localización del mismo, asumiendo que la futura migración de la red cubana apunta a esta tecnología.

Realizar un estudio sobre las posibilidades de introducir en Cuba, a mediano o largo plazo, las tecnologías que permitan la implementación de servicios de localización más precisos. ■

Referencias bibliográficas

- [1] Panchón de la Cruz, Álvaro. "Evolución de los sistemas móviles celulares GSM". Biblioteca Digital-Universidad Icesi, 2008. <http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=37715376> (acceso octubre 22, 2010).
- [2] *GSM World Coverage 2008*. GSM Association & Europa Technologies Limited Edition, 2008. <http://www.coveragemaps.com> (acceso septiembre 15, 2010).
- [3] ROJAS, E. "GSM en América Latina y el Caribe: La primera década". CITEI, 2007. <http://citel.oas.org> (Acceso junio 9, 2010).
- [4] *GSM Americas Coverage 2007*. GSM Association & Europa Technologies Limited Edition, 2008. <http://www.coveragemaps.com> (acceso septiembre 15, 2010).
- [5] ESCALLE, P. G. Modelado y evaluación de estrategias de seguimiento de terminales móviles. Análisis de la carga de señalización en la red de acceso y en la red inteligente. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2002.
- [6] Babolla, A. M. B. "Servicios móviles de localización". Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT-UPM, 2003. <http://www.ceditec.etsit.upm.es> (acceso septiembre 15, 2010).
- [7] Bernardos Barbolla, Ana M. Tecnologías de localización. Madrid: Universidad Carlos III, 2003.