

# Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 2



Universidad de las Ciencias  
Informáticas

## **Título:** Estudio de la Gestión de la Localización en Redes GPRS.

Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas

**Autor(es):** Dennis Manuel Viltres Mendoza.

Yordán Hernández Benavides.

**Tutor:** Ing. Serguei Guerra Fernández.

Ciudad de la Habana, Junio del 2009.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos que somos los únicos autores de este trabajo y autorizamos a la Dirección de la Facultad 2 de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

Dennis Manuel Viltres Mendoza.

Yordán Hernández Benavides.

---

---

Ing. Serguei Guerra Fernández.

---

### DEDICATORIA

*A Delfina por ser mi luz, mi estrella y mi guía. Por tener tanta fe y confianza en mí. Por darme tanto amor, educación y apoyo en todos estos años de vida. Por ser una excelente madre y representar para mí un ejemplo digno de sacrificio, le dedico mi primer gran triunfo.*

*A mi papá por estar siempre en mi mente.*

*A Fernandín y Doy, por regalarme tantos momentos felices aún estando tan lejos, por cuidar de nuestra mamita y porque espero algún día aparecer en la dedicatoria de ellos.*

*A mi compañera, amiga y gran amor Suammy, por quererme y cuidarme tanto. Por ser la tercera autora de esta tesis, por permanecer siempre a mi lado en las buenas y malas y por regalarme otra familia tan buena como la mía.*

*A mi familia, todos han puesto su granito de arena y a ninguno olvido.*

Dennis Manuel Viltres Mendoza

*A mis padres y mi hermana va dirigido primeramente este trabajo, pues han sido la base de este futuro que a mi forma construyo. A mi grupo actual, brigada donde encontré tranquilidad, bienestar, compañerismo.*

*Esta investigación va dedicada a mis amigos, por mantener en mí una eterna confianza que me ayudó a llegar al final de esta larga carrera, y va como rotunda prueba de éxito a todos aquellos que trataron desacreditarme frente a mi novia, a todos ellos, que a lo largo de estos cinco años a mis espaldas hablaron y me tildaron entre otros calificativos de perdedor, vago, por el hecho de querer superarme y convertirme en ingeniero, a todos ellos, en especial a su padre, Guillermo, dedico este trabajo.*

Yordán Hernández Benavides

### AGRADECIMIENTOS

*Nuestros más sinceros agradecimientos a todos los que han hecho posible el término de este trabajo, entre ellos a nuestro tutor, que desde un principio nos ayudó con la documentación necesaria, a Gerardo, por la información brindada, que fue de vital importancia para finalizar con la propuesta y por su estupenda atención.*

*Dennis y Yordán*

*Mis agradecimientos van dirigidos a mis padres, cuyo apoyo durante todos estos años se ha traducido en comprensión, aliento, exigencia, a ellos que han sido mi razón de ser y pilar de lo que soy hoy. A mi hermana, a mis amigos, a mis compañeros de aula y a todos los que han compartido buenos y malos momentos conmigo durante toda la carrera, a Liudmila, por ser fuente de felicidad y esmero constante. A mi compañero de tesis Dennis por aceptarme tal como soy, por ser un buen amigo, por soportar mis pases de viernes o algunos jueves, a su novia y compañera Suammy, por ayudarnos con la tesis y soportar que fregara lo que ensuciaba cuando comía, a ambos por brindarme, luego de una larga jornada de trabajo en la tesis, los deliciosos dulces que preparan. Agradezco a todos los que pensaron que no era capaz de lograrlo, por ser una meta más a superar, y a la vez, a todos ellos: mis más sinceros desagradecimientos.*

*Yordán Hernández Benavides*

*A mi familia, en especial a mi mamá por ser la única responsable de mis triunfos.*

*A Wilfredo e Idania por haber hecho tanto por mí en tan poco tiempo, por ser actualmente mis segundos  
padres.*

*A Suammy por toda su ayuda, comprensión y por mantenerse siempre a mi lado, te quiero mi ninfa.*

*A mi compañero de tesis y amigo Yordan, por su preocupación tanto por la tesis como por mi salud, gracias  
hermano.*

*A todos mis amigos, tanto a los que me viven jodiendo como Yusbel como a los que desafortunadamente no  
puedo ver tan a menudo, a todos, mis agradecimientos por estar ahí.*

*Dennis Manuel Viltres Mendoza*

### RESUMEN

En la actualidad existe un incremento continuo de abonados a los servicios ofrecidos por las Telecomunicaciones a escala mundial, en especial al servicio basado en la localización de móviles. Según las estadísticas enmarcadas en este campo, queda demostrado que este tipo de servicio es el más exitoso en cuanto a economía se refiere y el más necesario dentro de esta industria.

En el país se cuenta con una infraestructura basada en el Servicio General de Paquete de Radio (GPRS, *General Packet Radio Service*), pero aún no se brinda a la población ninguno de los servicios que esta tecnología ofrece, por ahora se reservan solamente para instituciones estatales. Dado el aumento de la utilización de dispositivos móviles y las prometedoras expectativas de implementación de nuevos servicios soportados por GPRS en el país, se concibe la necesidad de realizar un estudio para gestionar la localización de móviles en redes GPRS.

La presente investigación está dirigida inicialmente a brindar una sinopsis de GPRS, descripción de los elementos más importantes de su arquitectura, estado del arte de esta tecnología en el ámbito internacional, regional y cubano. Luego se exponen características específicas de la gestión de localización en GPRS describiendo los principales métodos de localización existentes hasta el momento. Como contribución relevante se propone la aplicación en el país de una técnica de localización sobre la red GPRS desplegada en la nación, que no conduzca a grandes inversiones económicas.

Palabras clave: Métodos, localización, servicios.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
1.1.    Introducción .....	4
1.2.    Conceptos vinculados al campo de acción .....	4
1.2.1.    Celda o célula.....	4
1.2.2.    Estación Móvil.....	5
1.2.3.    Handover .....	5
1.2.4.    Acceso múltiple por división de frecuencia.....	6
1.2.5.    Acceso múltiple por división de tiempo .....	7
1.2.6.    Conmutación por circuito .....	8
1.2.7.    Conmutación por paquete.....	8
1.3.    Evolución de la telefonía celular .....	9
1.4.    GSM, base de GPRS.....	13
1.4.1.    Evolución de GSM.....	13
1.4.2.    GSM en Cuba .....	14
1.4.3.    GSM en el ámbito internacional.....	15

1.4.4.	GSM en el ámbito regional (América Latina y el Caribe).....	16
1.5.	GPRS .....	16
1.5.1.	Surgimiento de GPRS.....	16
1.5.2.	Características Fundamentales de GPRS .....	19
1.5.3.	Las Redes de Paquetes de Datos.....	21
1.5.4.	Necesidad de usar paquetes de datos.....	22
1.5.5.	Arquitectura de la red GPRS, modificaciones de la arquitectura GSM .....	24
1.5.5.1.	Subsistema de Estación Base (BSS).....	26
1.5.5.2.	Subsistema de Conmutación de Red (NSS) .....	27
1.5.5.3.	Subsistema de Soporte y Operación.....	30
1.5.6.	Interfaces.....	30
1.5.7.	Servicios.....	32
1.6.	Servicios Basados en la Localización .....	34
1.7.	Conclusiones .....	36
CAPÍTULO 2: GESTIÓN DE LA LOCALIZACIÓN .....		37
2.1.	Introducción .....	37
2.2.	El proceso de localización .....	37
2.3.	Administración de localización .....	37
2.3.1.	Arquitectura de localización .....	40
2.4.	Métodos de localización.....	42
2.4.1.	Métodos basados en la identidad celular.....	42
2.4.1.1.	Método de localización Identidad de Celda (CI).....	43
2.4.1.2.	Método de localización Identidad de Celda y Avance de Tiempo (CI + TA) .....	44



2.4.1.3.	Método de localización Identidad de Celda, Avance de Tiempo y RXLEV (CI + TA + RXLEV) .....	46
2.4.2.	Métodos basados en la red. ....	47
2.4.2.1.	Método de localización Tiempo de Arribo/Diferencia de Tiempo de Arribo .....	47
2.4.2.2.	Método de localización Ángulo de Llegada .....	48
2.4.2.3.	Método de localización Huella multitrayecto (MF, <i>Multipath Fingerprint</i> ) .....	49
2.4.3.	Métodos basados en la modificación del terminal móvil.....	50
2.4.3.1.	Método de localización Diferencia de Tiempo Observado Mejorado (E-OTD) .....	50
2.4.3.2.	Método de localización Sistema de Posicionamiento Global ( <i>Global Positioning System, GPS</i> ) ...	55
2.4.3.3.	Método de localización Sistema de posicionamiento global asistido ( <i>A-GPS, Assisted Global Positioning System</i> ) .....	57
2.4.4.	Técnicas Híbridas .....	58
2.5.	Conclusiones .....	59
CAPÍTULO 3: PROPUESTA PARA LA RED GPRS EN CUBA .....		60
3.1.	Introducción .....	60
3.2.	Necesidad de proponer un método de localización ajustable a las condiciones económicas y materiales de Cuba .....	60
3.3.	Análisis de la factibilidad de aplicación en Cuba de los métodos de localización. ....	61
3.3.1.	Identidad de Celda (CI) .....	61
3.3.2.	Identidad de Celda y Avance de Tiempo (CI + TA).....	61
3.3.3.	Identidad de Celda, Avance de Tiempo y RXLEV (CI + TA + RXLEV) .....	61
3.3.4.	Tiempo de Arribo/Diferencia de Tiempo de Arribo (TOA/D-TOA) .....	62
3.3.5.	Método de ángulo de llegada (AOA) .....	63
3.3.6.	Huella multitrayecto (MF) .....	64
3.3.7.	Diferencia de Tiempo Observado Mejorado (E-OTD).....	64

3.3.8. Sistema de Posicionamiento Global (GPS) .....	65
3.3.9. Sistema de Posicionamiento Global Asistido (A-GPS) .....	65
3.4. Propuesta de una técnica de localización para la red GPRS de Cuba. ....	66
3.5. Mejoras en los servicios brindados por CI+TA sobre GPRS .....	72
3.6. Conclusiones. ....	74
CONCLUSIONES .....	75
RECOMENDACIONES .....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
BIBLIOGRAFÍA .....	82
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	84

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz y poderosa herramienta que permite la transferencia de voz, datos y video, sin la necesidad de utilizar cables para establecer la conexión. Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio, permitiendo así tener dos grandes ventajas: movilidad y flexibilidad del sistema en general.

Esta tecnología tiene sus raíces en la invención del radio por Nikola Tesla en los años 80, aunque formalmente presentado en 1894 por un joven italiano llamado Guglielmo Marconi quien efectúa la transmisión de señales inalámbricas a través de una distancia de 2 millas.

En 1899, el 28 de marzo, Marconi asombra con la primera comunicación por radio entre Inglaterra y Francia a través del Canal de la Mancha y el 12 de Diciembre de 1901 estableció la primera comunicación transoceánica entre Gran Bretaña y Terranova, en Canadá.

A partir de ese momento las redes de comunicación inalámbrica se han difundido por todo el mundo a una velocidad jamás registrada hasta la fecha por cualquier otra tecnología. Dado que la misma es un elemento primordial de la actividad humana en todas las esferas de la vida, el advenimiento de la comunicación inalámbrica promete convertirse en una tecnología dominante.

Cuba, que no está exenta de dicho desarrollo, ha logrado establecer un sistema de comunicación celular con la incorporación en el 2001 de un Sistema Global de Comunicaciones para Móviles (GSM, *Global System for Mobile Communications*), que brinda diversos servicios como los de voz y mensajería corta, incluyendo la seguridad en las comunicaciones, la protección de llamadas, *roaming* internacional, eficiencia espectral y compatibilidad con la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI ó ISDN, *Subscriber Integrated Services Digital Network Number*), para garantizar la calidad y variedad de los servicios.

Pero GSM presenta varios factores negativos que hacen que sea una tecnología mayoritariamente utilizada para la voz y no para datos. Dentro de ellos se pueden mencionar la baja velocidad de transferencia de datos (Máximo 9,6 Kbps) y la demora en el tiempo de establecimiento de conexión (de 10 a 15 segundos) que conlleva a un alto coste monetario al pagarse por tiempo de conexión independientemente del tráfico generado.

Es por eso que en nuestro país se actualizaron las redes GSM para proporcionar la conexión modo paquete que utiliza el Servicio General de Paquete de Radio (GPRS), que brinda notables mejoras sobre la antigua red, entre ellas se observan la posibilidad de una conexión permanente (*always on*) donde el usuario se encuentra permanentemente conectado y sólo paga por el servicio en cuanto transmite o solicita la recepción de información (datos), una mayor velocidad estimada en 144 Kbps, utilizando los 8 canales de tiempo de GSM, el acceso a nuevas aplicaciones, que permitirá disponer de aplicaciones corporativas similares a las que se usan hoy en día en Internet (mensajería instantánea, videoconferencia de gama baja, entornos colaborativos) y la separación total del canal de datos y del canal de voz, lo que permite simultanear el uso de ambos sin que uno interfiera en el otro.

La tecnología GPRS mejora y actualiza a GSM con la siguiente variedad de servicios: Sistema de Mensajes Multimedia (MMS, *Multimedia Messaging System*), mensajería instantánea, servicios P2P (*peer-to-peer*) utilizando el Protocolo de Internet (IP, *Internet Protocol*), Servicio de Mensajes Cortos (SMS, *Short Message Service*), posibilidad de utilizar el dispositivo como módem USB (*Universal Serial Bus*) y aplicaciones en red para dispositivos a través de portales WAP (*Wireless Application Protocol*).

Al ser WAP un protocolo para aplicaciones inalámbricas es utilizado en móviles y entre las funcionalidades que posee destaca la de localización, que es la encargada de dar una ubicación aproximada de la celda donde se halla el móvil y actualizar su posición registrándolo en el Registro de Localización de Visitantes (VLR, *Visitor Locator Register*).

La Universidad de las Ciencias Informáticas pretende explotar las posibilidades que brindan los sistemas de localización de GPRS con el objetivo de crear una base de conocimientos que permita la futura utilización de dicho servicio, avizorando la necesidad incuestionable de independizar tecnológicamente al país.

De forma tal, que con el apremiante crecimiento de clientes de los servicios móviles en el país, apoye a la construcción y desarrollo de plataformas para aquellas empresas que brindan este servicio a usuarios finales con un costo razonable, en especial, el de orientación geográfica. La meta de la puesta en marcha de esta variante es ofrecer servicios sugerentes que admitan un óptimo uso de la red móvil del país y con ello generar mayores facilidades al usuario o cliente final, entre ellas, la de mayor utilidad sería la posibilidad de obtener información, ya sea de forma automática o solicitada, de los lugares, servicios y

puntos de interés más cercanos a su ubicación, pudiendo conocer de este modo, los locales recreativos más cercanos, las instituciones de salud próximas, zonas de importancia social como estaciones policiales, talleres, bases de transporte, universidades, entre otras.

Dadas estas condiciones el **problema a resolver** en este estudio es ¿Cómo se realiza la localización de los móviles utilizando redes GPRS?

Acorde al problema planteado el **objeto de estudio** está compuesto por el Servicio de Localización de Móviles en redes GPRS.

Comprendiendo dentro del **campo de acción** los Sistemas de Localización de Móviles sobre Redes GPRS.

En vista a dar solución al problema planteado anteriormente se ha elaborado como **objetivo general** de la investigación, proponer un método de localización para la red GPRS en Cuba.

Se han definido las siguientes tareas de la investigación con la intención de darle cumplimiento al objetivo planteado:

Realizar un estudio del estado de arte de GPRS, conceptos, características, evolución, y estado actual de la tecnología.

Realizar un estudio de la arquitectura GPRS y elementos de la misma.

Realizar un estudio de los métodos de localización de móviles sobre redes GPRS.

Realizar un análisis y propuesta de un método de localización para la red GPRS en Cuba.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1. Introducción

En el presente capítulo se efectúa el estudio del estado del arte adecuado a la evolución de las redes de comunicación inalámbricas hasta GPRS. Se describen conceptos y definiciones esenciales para comprender la arquitectura GPRS y sus mejoras con respecto a la anterior GSM. Además se tratan algunos de los servicios que este sistema puede brindar prestando especial interés al de localización.

### 1.2. Conceptos vinculados al campo de acción

La tecnología GPRS ha mostrado durante todo su estudio algunos elementos cuyo significado y características funcionales es necesario conocer para luego, poder comprender lo explicado con respecto al tema. A continuación se presentarán los de mayor importancia con el fin de facilitar la comprensión del funcionamiento y el desempeño de los mismos en la tecnología GPRS.

#### 1.2.1. Celda o célula

Una celda o célula es una unidad geográfica de una red. Una red de radiotelefonía celular está conformada por una extensión de territorio cubierto por un conjunto de espacios conocidos como celdas y varios canales de radio repartidos entre dichas celdas. A cada celda se le asigna un conjunto de frecuencias de radio que son las que definen los canales de comunicación. Dos celdas adyacentes no tienen canales de comunicación comunes para evitar interferencias, y para proteger los canales comunes que usan distintas Estaciones Base Transceptoras (BTS, *Base Transceiver Station*) se deja una distancia mínima de dos celdas de separación entre las mismas.

A continuación se muestran los cuatro tipos diferentes de celdas existentes:

- **Macro células o Macro celdas:** Son células de gran tamaño y amplia cobertura.
- **Micro células o Micro celdas:** Son células de escasa extensión de cobertura que se utilizan en áreas donde hay una gran densidad de población.

- **Células o celdas selectivas:** Este tipo de celdas se usan cuando no es necesario que la celda tenga una cobertura de 360 grados, sino que interesa que tenga un alcance y un radio de acción determinado.
- **Células o celda sombrilla:** Este tipo de celdas se utilizan cuando existen varias celdas pequeñas y continuamente se están produciendo cambios del terminal de una celda a otra (*handovers*). Para evitar que esto suceda se agrupan conjuntos de microcélulas, de modo que se aumente la potencia de la nueva celda formada y se pueda reducir el número de *handovers* que se producen.

## 1.2.2. Estación Móvil

La Estación Móvil (MS, *Mobile Station*) es el punto de entrada a la red inalámbrica. Existen estaciones móviles de muchos tipos como las montadas en coche y los equipos portátiles, pero quizás las más famosas sean los terminales de mano o *handset*. Una estación móvil además de permitir, mediante funciones de procesado de señal y de radiofrecuencia, el acceso a la red a través de la interfaz de radio, debe de ofrecer también una interfaz al usuario para la gestión de las llamadas de voz, y puede incluir una interfaz para otro tipo de equipos. Consta del equipo móvil (terminal) y una tarjeta “inteligente” llamada Módulo de Identidad del Subscriptor (SIM, *Subscriber Identity Module*). La SIM es la que permite la movilidad, así el usuario con dicha tarjeta puede acceder a la red desde cualquier terminal. La tarjeta SIM puede ser protegida contra uso no autorizado mediante el uso de un Número de Identificación Personal (PIN, *Personal Identification Number*). El terminal se identifica de forma incuestionable mediante el Identificador Internacional del Equipo Móvil (IMEI, *International Mobile Equipment Identity*), mientras que la tarjeta SIM se identifica mediante el Identificador Internacional del Subscriptor Móvil (IMSI, *International Mobile Subscriber Identity*).

## 1.2.3. Handover

Se denomina *handover*, también *handoff*, al sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente. Este mecanismo garantiza la realización del servicio cuando un móvil se traslada a lo largo de su zona de cobertura.

El proceso puede llevarse a cabo por dos motivos:

- Si al medir la potencia y la calidad de la señal recibida, ésta se encuentra por debajo de un determinado umbral.
- Si la estación base se encuentra sobrecargada y necesita liberar recursos.

El handover puede clasificarse desde dos puntos de vista diferentes: el de usuario y el de red.

A pesar de que el proceso de traspaso se realiza de forma transparente al usuario se pueden distinguir dos variantes desde el punto de vista del usuario: *Hard-Handover* y *Soft-Handover*.

Desde el punto de vista de la red se distinguen dos tipos de traspaso:

- *Intra-Cell Handover*: Se denomina así al proceso de cambio a otro canal de la misma estación base.
- *Inter-Cell Handover*: Se denomina así al proceso de cambio a la estación base de una nueva celda. [1].

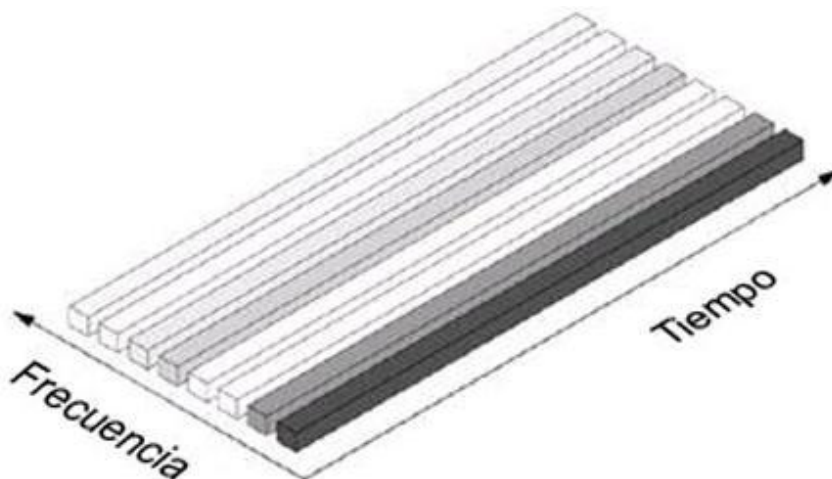
#### **1.2.4. Acceso múltiple por división de frecuencia**

El Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA, *Frequency Division Multiple Access*) es uno de los procedimientos más comunes de acceso múltiple, a través del cual los usuarios obtienen acceso a cierta parte del espectro de radio mediante la división del ancho de banda disponible en bandas de frecuencia diferentes.

La banda de frecuencia es dividida en canales de cierto ancho de banda de forma que cada conversación es llevada sobre una frecuencia diferente.

El esfuerzo en la estación base para realizar un sistema FDMA es muy elevado. Aunque los componentes de hardware requeridos son relativamente simples, cada canal necesita su propia unidad transceptora. Además, los requerimientos de tolerancia para las redes de elevada frecuencia y el lineamiento de los amplificadores en las fases de transmisión de la estación base son relativamente altos, por lo tanto un gran número de canales son necesarios para amplificar y transmitir simultáneamente.



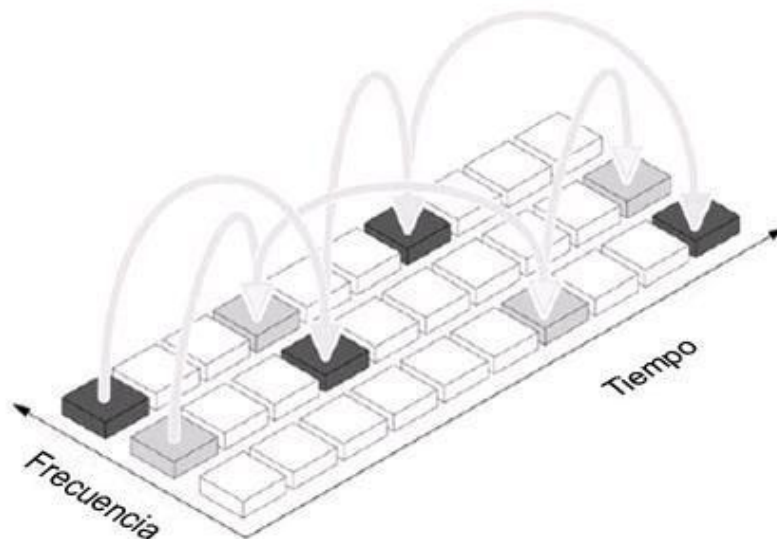


**Figura 1.1.** Canales de un sistema FDMA

Se necesita también una unidad *dúplex* con filtros para las unidades transmisoras y receptoras con el objetivo de permitir la operación *full-dúplex*, que hace difícil construir estaciones móviles pequeñas y compactas, por lo tanto los filtros de banda estrecha pueden apenas ser comprendidos con circuitos integrados.

### 1.2.5. Acceso múltiple por división de tiempo

El Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, *Time Division Multiple Access*) es usado en los sistemas de radio móviles digitales. A las estaciones móviles individuales es cíclicamente asignada una frecuencia para uso exclusivo solamente mientras dure la conexión con el canal de tiempo, el que obviamente requiere la sincronización entre el trasmisor y el receptor. Además, en la mayoría de los casos toda la banda ancha del sistema para un canal de tiempo no es asignada a ninguna estación, pero el rango de frecuencia del sistema es dividido en sub-bandas y TDMA es usado para el acceso múltiple a cada sub-banda. Por lo tanto, la secuencia de los canales de tiempo asignados a una estación móvil representa los canales físicos del sistema TDMA. En cada canal de tiempo, la estación móvil transmite una ráfaga de datos. El período asignado a un canal de tiempo para una estación móvil determina, por consiguiente, el número de canales TDMA sobre una frecuencia transportadora. Los canales de tiempo de un período son fusionados en una estructura TDMA. La figura siguiente muestra cinco canales en un sistema TDMA con un período de cuatro canales de tiempo y tres frecuencias transportadoras. [2].



**Figura 1.2.** TDMA con el uso de la técnica salto de frecuencia

## 1.2.6. Conmutación por circuito

Es un modo en el que la conexión es establecida desde el punto origen de la transferencia de datos hacia el destino. Los recursos de red son dedicados para todo el tiempo de llamada hasta que el usuario rompe la conexión. Usando estos recursos, los datos pueden ser transmitidos o recibidos constantemente o en ráfagas, dependiendo de la aplicación. Ya que los recursos permanecen dedicados durante toda la llamada, el número de usuarios que la red puede soportar es limitado.

## 1.2.7. Conmutación por paquete

Es un modo en el que los recursos son asignados a un usuario solo cuando los datos tienen que ser enviados o recibidos. Los datos son enviados en paquetes, los que son conducidos alrededor de toda la red con el otro tráfico de usuario. Esta técnica permite a múltiples usuarios compartir los mismos recursos, incrementando así la capacidad de la red y la administración de recursos eficazmente. [3]

Mientras que la conmutación de circuitos mantiene la conexión abierta y constante, el intercambio de paquetes que utilizan la telefonía IP solo abre una pequeña conexión, suficientemente extensa para enviar una pequeña porción de información llamada paquete, de un sistema a otro, esto funciona así:

- La computadora que envía divide la información en pequeños paquetes, con una dirección en cada uno indicando a los dispositivos de red donde enviar los mismos.
- Dentro de cada paquete hay una porción de la información que se está enviando.
- La computadora emisora envía un paquete al *router* más cercano y se olvida del mismo. El *router* cercano envía el paquete a otro que se encuentre más cerca del destino y este se lo envía a otro que se encuentra todavía más cerca del destino, y así hasta llegar al destino final.
- Cuando la computadora receptora finalmente recibe los paquetes (que pueden haber tomado caminos completamente diferentes para haber llegado), usa las instrucciones contenidas en los paquetes para rearmar los datos en su estado original.
- El intercambio de paquetes es muy eficiente. Deja a la red enviar los paquetes a lo largo de las rutas menos congestionadas. También libera a las computadoras de forma que estas pueden también aceptar información proveniente de otras computadoras.

### 1.3. Evolución de la telefonía celular

Aunque las redes de telefonía móvil comercial existían desde 1940, muchos consideran que las redes analógicas surgieron a fines de 1970 en Estados Unidos (en Europa, fue a comienzos de 1980) para ser la primera generación (1G) de redes inalámbricas. Estas redes fueron diseñadas de forma semejante a las de equipos fijos, donde una imagen analógica del sonido fue transmitida sobre el aire y a través de las redes. El receptor y el transmisor fueron ajustados a la misma frecuencia, y la voz que fue transmitida fue cambiada dentro de una cinta pequeña para crear un modelo que el receptor podía reconstruir, amplificar, y enviarlo al transmisor. Aunque esta tecnología era realmente una revolución en el área de la movilidad, estos sistemas tenían algunos defectos serios. Los usuarios que querían navegar eran desconectados cuando salían de su área de cobertura, y por lo tanto tenían que reconectar. El *handover*, que hace posible para un teléfono móvil cambiar de antena de la que recibe y transmite de manera uniforme, no estaba disponible, y esta falla de la tecnología limitó la movilidad seriamente. Otro problema era la falta de eficiencia, porque pocos abonados podían entrar en el espectro (*extensión de frecuencia que el sistema móvil usa*) disponible. Los sistemas analógicos no son generalmente aptos para las optimizaciones como

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

la compresión y la codificación. Los componentes que fueron usados eran también grandes y costosos; por consiguiente, los terminales parecían más ladrillos que teléfonos.

A pesar de estos desafíos, los sistemas analógicos eran exitosos en los Estados Unidos (medido por el estándar de entonces), y los consumidores podían usar un terminal común al otro lado del continente norteamericano (mientras la cobertura existía).

El Servicio de Telefonía Móvil Avanzado (AMPS, *Advanced Mobile Phone Service*) fue introducido (versión de prueba) primero en Nueva Jersey y en Chicago en 1978, y el interés en la tecnología se extendió a varias partes del mundo. La introducción en Norte América anticipó algunos problemas que la Comisión Federal de Comunicación (FCC, *Federal Communication Commission*) tuvo que solucionar, y países como Arabia Saudita, Japón y México obtuvieron resultados positivos antes de que los Estados Unidos lo hicieran. Como los sistemas se desarrollaron, los operadores vieron la complejidad adicional y la carga de sistema, que resultó en el desarrollo de un estándar común para las redes centrales: TIA - IS - 41 (a menudo llamado IS - 41). La red central principal es la infraestructura final que transporta una llamada de voz hacia y desde la red de radio de un usuario de red móvil a otro usuario de red móvil o de red fija. Cuando la industria inalámbrica comenzó a discutir cómo podía presentar un sistema digital, la mayor prioridad fue mantener el soporte legal para los sistemas analógicos e incrementar la capacidad drásticamente e introducir la transmisión digital.

En Europa, los países se resistieron contra no menos de nueve estándares analógicos rivales durante 1980, como la Telefonía Móvil Nórdica (NMT, *Nordic Mobile Telephony*), el Sistema de Comunicaciones de Acceso Total (TACS, *Total Access Communications System*), entre otros, y la capacidad se hizo un asunto cada vez más difícil.

Como consecuencia los europeos veían la necesidad de un sistema totalmente nuevo, un sistema que pudiese acomodar la base creciente de abonados eficientemente y a su vez las características más avanzadas y una solución estándar alrededor del continente. Debido a los defectos y la incompatibilidad con los sistemas analógicos, decidieron instituir una solución digital totalmente nueva. El nuevo estándar, Grupo Móvil Especial (GSM, *Groupe Spéciale Mobile*), fue desarrollado como un equivalente inalámbrico al sistema de la región Red Digital de Servicios Integrados (ISDN, *Integrated Services Digital Network*). Aunque GSM significaba *Groupe Spéciale Mobile*, nombre puesto por el grupo de estudio que lo creó

inicialmente, la sigla cambió después para significar Sistema Mundial para la Comunicación Móvil (*Global System for Mobile Communication*). Esta ocurrencia no sería la última vez en la historia de sistemas móviles que una sigla cambiaría. Veintiséis compañías telefónicas nacionales europeas estandarizaron el sistema, y el proceso activo impuso el estándar para una vía de trabajo que demostró ser exitosa muchas veces. Los países y las compañías individuales comprendieron el poder del estándar y la cantidad de dinero y energía que pueden ser malgastados cuando compite uno solo con la tendencia mundial.

Los resultados de este y otros proyectos resultaron en cuatro sistemas inalámbricos muy importantes de Segunda Generación (2G). Digital AMPS (DAMPS, *Digital Advanced Mobile Phone System*) era una mejora de AMPS (que ahora se conoce como TDMA). Con DAMPS, el terminal puede cambiar entre la operación analógica y la digital. IS-95, una solución basada en Acceso Múltiple por División de Código (CDMA, *Code Division Multiple Access*) que Qualcomm lanzó a mediados de los años noventa, mejoró hacia el final del siglo.

IS-95 es ahora más comúnmente llamado cdmaOne. En Europa y Asia, GSM se hizo el estándar dominante rápidamente con un grado alto de servicios adicionales, como el popular SMS. En Japón, Celular Personal Digital (PDC, *Personal Digital Cellular*) se convirtió en el sistema número uno. Sin embargo, este sistema puso a Japón en una situación embarazosa, con un sistema viejo que era incompatible con todos los otros. Esta situación provocó que los operadores japoneses emprendieran una agresiva búsqueda de nuevas tecnologías y estándares. A fines de 1990, cdmaOne comenzó a ganar terreno en el mercado japonés, incrementando la presión cada vez más sobre los operadores de PDC existentes.

Con el advenimiento de sistemas digitales, el sonido de la voz fue probado y filtrado a través de varios modelos de discurso de avance, que básicamente copiaban un oído humano. Un usuario móvil digital que recibiera una llamada escucharía la voz reconstruida, creada por las señales digitales transmitidas a través de filtros que imitan el sistema de voz humano (cuerdas vocales, etcétera). La digitalización hizo posible agrupar a más abonados en el mismo espectro de radio, incrementando así la eficiencia. Además, los avances en la tecnología de chip digital facilitaron el desarrollo de terminales pequeños y ligeros que poseían un constante incremento de características. Estas características incluían el correo de voz, espera de llamadas y servicios adicionales avanzados como SMS. SMS usa los canales de control de GSM, TDMA, y los sistemas de cdmaOne para transmitir mensajes de hasta 160 caracteres de longitud. A

fines de 1990, los operadores de GSM vieron un aumento asombroso en el uso de SMS. A fines del 2000, casi había 15 mil millones de mensajes SMS enviados todos los meses y mil millones solamente en Alemania. El hecho más significativo fue un nuevo segmento del mercado, adolescentes, había tomado la delantera en el uso de estos servicios avanzados. Los mensajes SMS son perfectos para comunicarse en ambientes donde es difícil escucharse, como en clubes nocturnos. Son también una manera rápida de notificar a otros sin establecer un llamado de voz extenso. El principal motor impulsor detrás de los sistemas inalámbricos de Tercera Generación (3G) era otra vez la necesidad de capacidad y *roaming*, pero esta vez, la motivación era también superior traduciéndose en una mayor Calidad de Servicio (QoS, *Quality of Service*). El trabajo sobre los conceptos de 3G comenzaron a comienzos de 1990, y en paralelo, la ola de Internet empezó a alcanzar gran popularidad. Por lo tanto, la visión inicial era crear un sistema inalámbrico global con gran velocidad y calidad como complementos que solucionarían la necesidad de una Internet móvil. En la lucha por alcanzar un *roaming* global, los sistemas legados eran otra vez el mayor obstáculo. Con varios cientos de millones usuarios móviles, nadie quería abandonar a esos abonados.

En los Estados Unidos, había otro problema con los repartos de frecuencia. Las subastas previas del espectro que preparó el terreno para los sistemas digitales de 2G en el país habían bloqueado eficazmente la implementación en la banda de 2GHz (la banda de frecuencia es 1900MHz, o 1.9GHz). Los operadores japoneses, europeos y distribuidores de infraestructuras habían planeado usar esta banda para 3G. Una lucha intensiva siguió cuando más y más jugadores empezaron a darse cuenta de cuánto estaba en juego. Después de muchas rondas de discusión, decidieron que habrá tres ramas principales del estándar de 3G y que un esfuerzo común debería comenzar. Los tres estándares eran Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA, *Wideband Code Division Multiple Access*), CDMA2000, y Tasas de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM (EDGE, *Enhanced Data Rate for GSM Evolution*), donde WCDMA tiene en realidad dos modos diferentes, Dúplex por División de Frecuencia (FDD, *Frequency Division Duplex*) y Dúplex por División de Tiempo (TDD, *Time Division Duplex*). [4].

## 1.4. GSM, base de GPRS

### 1.4.1. Evolución de GSM

El sistema GSM es el sistema de comunicación de móviles digital de segunda generación basado en células de radio. Apareció para dar respuestas a los problemas de los sistemas analógicos. Fue diseñado para la transmisión de voz por lo que se basa en la conmutación de circuitos, aspecto del que se diferencia del sistema GPRS. Al realizar la transmisión mediante conmutación de circuitos los recursos quedan ocupados durante toda la comunicación y la tarificación es por tiempo, estas limitaciones hacen ineficiente la transmisión de datos con GSM a pesar de ser el mayor sistema de 2G. Con su cobertura paneuropea, y también los sistemas instalados en Asia, Australia y Norteamérica es ahora un verdadero sistema mundial. En el 2000, empezó a cobrar impulso en América del Sur. Con esto en mente, ser compatible con GSM desde el primer día es una condición previa para cualquier nuevo sistema que añada alguna funcionalidad. Al igual que con otros sistemas de 2G, GSM maneja la voz de manera eficiente, pero el apoyo de datos y aplicaciones de Internet es limitada. Una conexión de datos está establecida de la misma forma que una llamada de voz: el usuario marca y la conexión por conmutación de circuito continúa durante todo el período de sesiones. Si el usuario se desconecta y se quiere volver a conectar, tendrá que volver a marcar. Esta cuestión, junto con la limitación de que a los usuarios se les factura por el tiempo que está conectado, crea entonces una necesidad de paquetes de datos para GSM. Con Datos por Conmutación de Circuitos a Alta Velocidad (HSCSD, *High-Speed Circuit-Switched Data*), la tecnología de conmutación de circuitos que se usa por lo general es GSM, pero solo puede ser usado para una conexión. En otras palabras, un usuario puede lograr procedimientos hasta 57.6Kbps de velocidad de datos. Los primeros sistemas de HSCSD aparecieron en el 2000, y el primer grupo de unidades terminales era en forma de tarjetas de circuito impreso. Este formato permite que a usuarios que están verificando su correo frecuentemente y usando la Internet/intranet liado con otra operación, consigan velocidades de conexión más altas. Los datos de paquete son introducidos en los sistemas de GSM usando el Servicio General de Paquetes de Radio. GPRS es una tecnología de capa superpuesta que es añadido encima de sistemas GSM existentes. En otras palabras, la pieza de GSM todavía maneja la voz, y los equipos móviles son capaces de respaldar ambas funciones. La versión actualizada de GPRS es fácil y útil para los operadores, cuando solamente algunos nodos tienen que ser añadidos. Más adelante se trata con mayor profundidad GPRS, por ahora se mencionan las siguientes características:

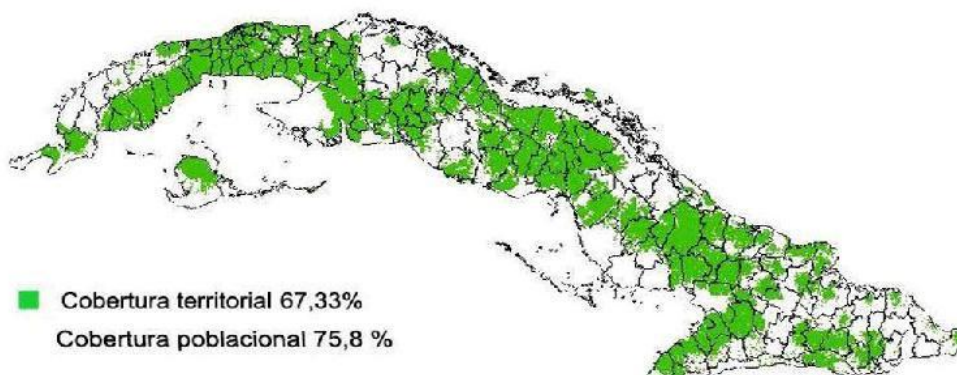
- **Siempre en línea:** Retira el proceso de marcar, haciendo aplicaciones de un clic solamente.
- **Una versión actualizada para redes existentes (GSM y TDMA):** Los operadores no tienen que reemplazar su equipo porque GPRS es añadido sobre la infraestructura existente.
- **Una parte esencial de Tasas de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM (EDGE, *Enhanced Data Rate for GSM Evolution*) y Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA, *Wideband Code Division Multiple Access*):** GPRS es la red de punto principal de datos de paquete para estos sistemas de 3G. [5].

### 1.4.2. GSM en Cuba

En el año 2001, la empresa Cuba Comunicaciones (C\_COM), acoge la tecnología GSM Fase 2+, al otorgar el Ministerio de la Informática y las Telecomunicaciones de Cuba (MIC) la licencia de operación en la banda de 900 MHz, o sea, se transmite y se recibe en esa banda. El proveedor que se decidió escoger para proporcionar el equipamiento fue Ericsson Telecom, compañía sueca de renombrado prestigio, principal suministrador de equipamiento GSM a nivel mundial y de calidad reconocida.

La extensión de los servicios de telefonía celular ha sido vertiginosa en los últimos tiempos a partir de la apertura de su contratación y las rebajas en la tarifa. Casi medio millón de cubanos disfrutan del servicio de telefonía celular en la actualidad. Hasta enero de este año la cobertura de la red de telefonía celular alcanzaba el 67,33 por ciento del territorio cubano y el 75,80 por ciento de la población, quedando en el país 33 municipios sin cobertura, de los cuales 12 la alcanzarán este año, de acuerdo a lo previsto en el proceso inversionista de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A (ETECSA). Esta cobertura se ha implementado con tecnología GSM, la de mayor extensión en el mundo, mientras que la TDMA, adoptada desde el año 2000 por la Empresa Mixta de Teléfonos Celulares en Cuba S.A (Cubacel S.A), se ha ido eliminando paulatinamente. El incremento de BTSs determina la cobertura de la red GSM. Actualmente se encuentra desplegada en el país la red GPRS y brinda servicios solamente a Instituciones Estatales. [6].

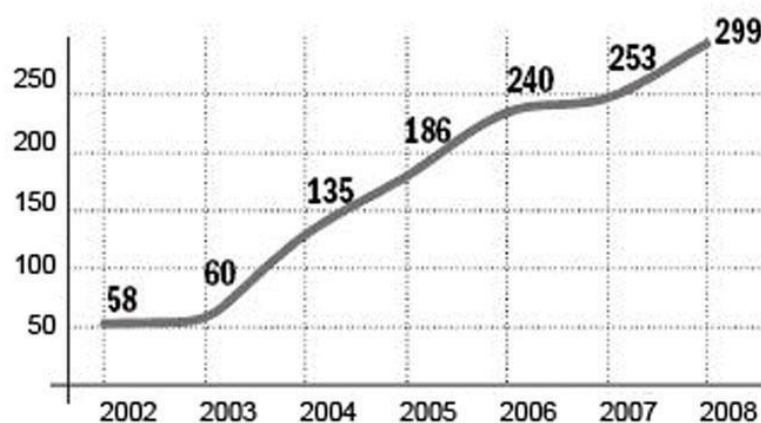




**Figura 1.3.** Indicadores de cobertura GSM en Cuba 2008

### 1.4.3. GSM en el ámbito internacional.

En la actualidad, hasta enero del 2008 existían 2.76 billones de suscriptores del servicio móvil para GSM en todo el mundo, lo que significa un incremento de 600 por ciento en los últimos seis años. Este servicio es ofrecido por más de 930 redes GSM comerciales, en más de 222 países y regiones a nivel mundial. Ya en junio de ese mismo año, la familia de GSM (GSM, GPRS, EDGE) se había convertido en una de las más exitosas innovaciones técnicas de la historia y con 3 billones de suscriptores representa en el mercado más del 81%, lo que implica un nivel de crecimiento que supera el logrado por cualquier otra innovación que haya involucrado un cambio en el estilo de vida [34].



**Figura 1.4.** Crecimiento de radiobases por año

## 1.4.4. GSM en el ámbito regional (América Latina y el Caribe)

El crecimiento del número de abonados GSM hasta finales del 2007 ascendía a la cifra de los 370 millones, y el servicio era brindado por más de 197 redes en más de 48 países de la región [35].

En la actualidad hasta enero del 2008, existían un poco más de 380 millones de suscriptores del servicio móvil para GSM en toda el área de Latinoamérica y del Caribe, lo cual implica un crecimiento regional sin precedentes [34].

## 1.5. GPRS

### 1.5.1. Surgimiento de GPRS

¿Por qué surge GPRS? Hoy en día el número de usuarios de telefonía móvil y de usuarios de Internet ha crecido de una manera increíble. Debido a esto era inevitable que en algún momento ambos mundos se uniesen. La situación actual en el mercado de las comunicaciones móviles, donde la explotación de los servicios de voz ha llegado casi a su techo y la penetración en los mercados supera el 80%, ha provocado el nacimiento de redes donde la transmisión de datos sea el nuevo objetivo. Con los servicios de datos ofrecidos en GSM, se detectaron ciertas carencias que impidieron su despegue sobre la red 2G:

- Baja velocidad de Transmisión.
- La conexión requiere un alto tiempo de mantención de la misma.
- Facturación basada en tiempo de conexión, independientemente del tráfico generado.

Establecido por el Instituto Europeo de Estándares de las Telecomunicaciones (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*)

GSM Fase 1 --- 1992

GSM Fase 2 --- 1996

GPRS inició en 1994 y salió a la luz pública a finales de 1997.

Poco después de que la primera red GSM se volviera operacional a principios de los 90 y los servicios de

datos de GSM comenzaran, se hacía evidente que la conmutación de circuitos trajera consigo servicios que no eran particularmente apropiados para ciertos tipos de aplicaciones. La conexión de la conmutación de circuito posee un prolongado tiempo de acceso a la red, y el cobro de llamada es basado sobre el tiempo de conexión.

En las redes de conmutación de paquetes, la conexión no reserva recursos permanentemente, pero usa una piscina común, la cual es altamente eficiente. El sistema GPRS posee un tiempo de acceso a la red bien corto y el cobro de llamada se basa únicamente en la cantidad de datos transferidos.

El sistema GPRS trae la conmutación de paquetes junto con los servicios que posee el existente GSM. En GPRS, un usuario puede acceder a la red pública móvil, directamente usando sus direcciones de protocolo usuales (IP, X.25), que pueden ser activadas cuando la estación móvil es conectada a dicha red.

La estación móvil GPRS puede usar entre uno y ocho canales sobre la interfaz aire dependiendo de las capacidades de la MS, y esos canales son asignados dinámicamente cuando existen paquetes para ser enviados o recibidos. En esta red, los canales de enlace de bajada y subida son reservados por separado, haciendo posible tener estaciones móviles con varias capacidades de enlace.

La asignación de recursos en las redes GPRS es dinámica y dependiente de la demanda y la disponibilidad del recurso. Los paquetes pueden además ser enviados a mitad de tiempo entre llamadas de voz. Con este sistema, es posible la comunicación Punto a Punto (PTP, *Point-To-Point*) o Punto a Multipunto (PTM, *Point-To-Multipoint*), soporta también SMS y el acceso anónimo a la red. El rendimiento máximo teórico en el sistema GPRS es de 144 Kbps por estación móvil usando ocho canales sin corrección de errores.

- **Los canales se comparten entre los diferentes usuarios**

En GSM, cuando se realiza una llamada se asigna un canal de comunicación al usuario, que permanecerá asignado aunque no se envíen datos. En GPRS los canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios dinámicamente, de modo que un usuario sólo tiene asignado un canal cuando se está realmente transmitiendo datos. Para utilizar GPRS se precisa un teléfono que soporte esta tecnología. La mayoría de estos terminales soportan también GSM, por lo que podrá realizar sus llamadas de voz

utilizando la red GSM de modo habitual y sus llamadas de datos (conexión a internet, WAP,...) tanto con GSM como con GPRS.

La principal ganancia de la tecnología GPRS, o generación 2.5, radica en la posibilidad de disponer de un terminal permanentemente conectado, tarifando únicamente por el volumen de datos transferidos (enviados y recibidos) y no por el tiempo de conexión.

- **Obtiene mayor velocidad y mejor eficiencia de la red**

Tradicionalmente la transmisión de datos inalámbrica se ha venido realizando utilizando un canal dedicado GSM a una velocidad máxima de 9.6 Kbps. Con el GPRS no sólo la velocidad de transmisión de datos se ve aumentada hasta un mínimo 40 Kbps y un máximo de 144 Kbps, sino que además la tecnología utilizada permite compartir cada canal por varios usuarios, mejorando así la eficiencia en la utilización de los recursos de red. La tecnología GPRS permite proporcionar servicios de transmisión de datos de una forma más eficiente a la que se venía haciendo hasta el momento y es una evolución no traumática de la red GSM, no conlleva grandes inversiones y reutiliza parte de la infraestructura de esta. Por este motivo, GPRS tiene, desde sus inicios, la misma cobertura que la red GSM. Las siguientes características de GPRS se adaptan mucho mejor para la transmisión de datos que el tradicional sistema GSM:

- Velocidad de transferencia de hasta 144 Kbps, mayor que en GSM.
- Conexión permanente. Tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.
- Pago por cantidad de información transmitida, no por tiempo de conexión.
- Enfocado al envío de datos.
- Emplea conmutación de paquetes.
- Aprovecha la infraestructura GSM existente con nuevos nodos.
- Reserva flexible de canales de radio según necesidades y número de usuarios.
- Envío de pequeños (500-1000 octetos) paquetes a ráfagas (intermitentes).

- Trato independiente de paquetes.
- Facturación por volumen de datos.
- Cada elemento de red sabe como encaminar cada paquete.
- Cuatro niveles de codificación radio.
- Transmisión PTP y PTM.
- Utilización de hasta 8 *timeslots* en la Interfaz aire.

Algunos de los servicios soportados por GPRS son: WWW, Protocolo de Transferencia de Ficheros (FTP, *File Transfer Protocol*), Telnet, Chat, E-mail, Image, Audio, Video, Sistema de Posicionamiento Global (GPS, *Global Positioning System*). GPRS es una tecnología que subsana las deficiencias de GSM y con ese objetivo surge. [8].



**Figura 1.5.** Concepto GPRS

## 1.5.2. Características Fundamentales de GPRS.

Las siguientes tres características principales describen los paquetes de datos inalámbricos GPRS:

- Siempre en línea.
- Una versión actualizada para sistemas existentes.
- Una parte esencial de los sistemas de 3G.

En el detalle, a continuación se describe lo que estas características representan para el usuario y las compañías que están involucradas.

- **Siempre en línea:** GPRS permite al usuario estar siempre conectado y siempre en línea sin tener que pagar necesariamente por minuto. Esta funcionalidad representa un cambio enorme en la manera en que se usa el teléfono celular y probablemente la computadora personal de casa en cuanto esta funcionalidad sea introducida allí también. Esta característica no es única en GPRS; sin embargo, con la introducción de GPRS fue la primera vez que la mayoría de las redes móviles de Internet obtuvieron esta característica. Esta funcionalidad es reservada entonces para todos sistemas de 3G porque es una de las características más importantes de cualquier red inalámbrica del futuro. Se podrá acceder a la información mucho más fácil, no importa si se accede a través de un navegador (como WAP) o a través de una aplicación que esté instalada en el dispositivo. Mientras las tradicionales redes de conmutación de circuitos obligan a los usuarios pasar a través de un proceso de dial-up, la conexión estará siempre disponible para los usuarios de GPRS. La diferencia es similar a usar una computadora personal con la conexión dial-up de un módem y una conexión de banda ancha. La diferencia más grande (incluso más grande que la diferencia en la velocidad) es que la conexión con Internet a través de banda ancha es perfecta, y no se necesita un procedimiento de configuración de conexión. La red está siempre accesible (tanto tiempo como la red esté funcionando), y las aplicaciones de Internet son tan fáciles de usar como aquellas que corren únicamente sobre la computadora personal. Mientras el usuario de GPRS puede empezar la sesión instantáneamente y enviar y recibir datos, el usuario de conmutación de circuitos tiene que esperar durante algún tiempo mientras es iniciada la conexión. No hay principio claro y final para la sesión de GPRS, porque estas sesiones permanecen abiertas generalmente mientras el teléfono móvil está encendido.
- **Actualización a redes existentes:** GPRS no es un sistema totalmente nuevo; es una versión actualizada que refuerza las redes de GSM existentes. En otras palabras, no se tiene la misma funcionalidad para las llamadas de voz, y es posible además tener voz y datos simultáneamente sobre algunos terminales. Esta lenta emigración también quiere decir que se disfruta de la misma cobertura para GPRS como para las redes celulares actuales, sin tener que desarrollar una red totalmente nueva desde el principio. Esta situación es posible porque GPRS es

presentado como un software simple de actualización para la mayoría de las estaciones base. En otras palabras, la mayoría de los operadores pueden actualizar a GPRS sin tener técnicos viajando a cada sitio de celda, en vez de eso, una actualización de software centralizada es posible. Un gran costo para los operadores móviles de hoy es también para el rastreo de la estación base y la antena, y ser capaz de re-usar las mismas estaciones base ahorra mucho dinero y problemas. Debido a que la red GSM todavía provee voz y la conmutación de circuitos, los usuarios existentes no experimentarán una degradación del servicio, así los teléfonos actuales también trabajarán en el futuro.

- **Una parte esencial de los sistemas de 3G:** Obteniendo la funcionalidad de GPRS en redes móviles hará ver a las personas algunos de los beneficios legítimos de la Internet móvil, pero también se creará un impulso hacia mayor cantidad: más velocidad, más capacidad, y más características. Por lo tanto, la introducción de sistemas de 3G ocurre en sólo algunos años después de GPRS. Los sistemas de 3G son, sin embargo, sólo otra versión actualizada de las redes de GSM/GPRS, a pesar de si EDGE o WCDMA son escogidos. La red de núcleo de GPRS maneja los paquetes de datos y la funcionalidad siempre en línea, y GPRS es entonces actualizado convenientemente con la funcionalidad adicional. La emigración de GPRS hacia 3G es especialmente obvia cuando el segundo lanzamiento de redes de núcleo de paquetes de datos (el primero que soporta 3G) del mayor distribuidor inalámbrico soporta GPRS y EDGE tanto como WCDMA, y cuando el estándar para los tres es el mismo. En otras palabras, un operador de cdma2000 que posee IP de red de núcleo móvil ANSI-41 puede correr una interfaz de aire de WCDMA, y un operador de GPRS puede adjuntar una interfaz de aire de cdma2000. [9].

### 1.5.3. Las Redes de Paquetes de Datos.

El protocolo predominante en el mundo de las redes de datos es el de protocolo internet (IP). La tarea principal de IP es el de conectar redes de arquitecturas diferentes y de realizar la normalización de las aplicaciones, como el intercambio de correos entre terminales móviles o el de descargar sitios web. En la red GPRS el abonado también tiene una conexión IP lógica con una red de datos externa (Figura 1.6).

Por lo tanto, dentro de un servicio de GPRS el móvil recibe una dirección IP de la red IP externa, por ejemplo, es como ser un miembro de esta red IP. Como en una red de datos fija normal, los paquetes IP

son transportados entre el MS y un servidor en la red de IP. Pero el estándar GPRS describe cómo son transmitidos sobre la interfaz de radio y a través de la red GPRS estos paquetes IP.



**Figura 1.6.** Conexiones IP en la red GPRS

Originalmente, el protocolo lógico entre el MS y la red de datos externa no tuvo que ser IP. El patrón más viejo para la transferencia de datos de paquete, conocido como X.25, también podía ser usado. Sin embargo, debido a que X.25 nunca fue implementado, ha estado lejos de las especificaciones. [2].

#### **1.5.4. Necesidad de usar paquetes de datos**

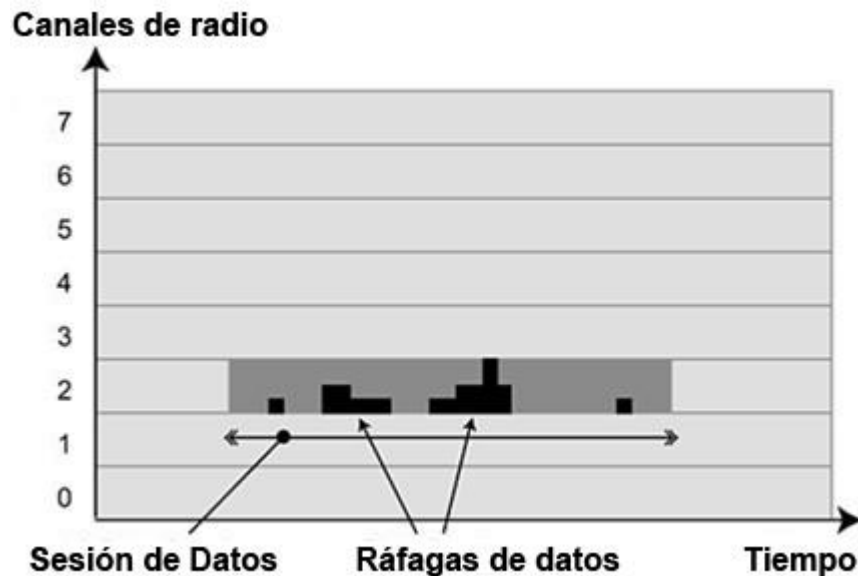
¿Por qué se necesitan los paquetes de datos, y qué es paquete de datos verdaderamente? Cuando el Protocolo de Aplicación Inalámbrico (WAP) comenzó a extenderse en todo el mundo durante el 2000, algunos usuarios se quejaron de que era lento, costoso y voluminoso al usar.

El hecho es que la mayoría de las características de WAP estaban sobre GSM, y las quejas de los usuarios no eran debido a que el rendimiento de WAP fuera malo; sino a que estos problemas son típicos de las redes de conmutación por circuitos. Este tipo de conexión es eficiente para servicios como una llamada telefónica regular. Usted se conecta a su Proveedor de Servicio de Internet (ISP) y tiene sus 9.6Kbps mientras está conectado (y no comparte esta capacidad con alguien más). Para ciertas aplicaciones de sonido de transmisión continua, esta solución podría ser buena. Para sesiones de descarga como el buscador de WAP, sin embargo, es ineficiente, tanto para el usuario como para el operador.

La figura 1.7 muestra cómo es asignado al usuario un canal de radio y muestra los datos que fueron transferidos.



En efecto, el usuario está pagando el mismo dinero cuando está transmitiendo que cuando está en silencio. Un canal iguala la capacidad que es requerida para una llamada de voz, y hay ocho canales por unidad de transceptor en la estación base. Los datos en la conmutación por circuito requieren que al menos un canal sea asignado durante una sesión de datos entera, sin considerar qué cantidad de datos son realmente transmitidos.



**Figura 1.7.** Un canal entero es asignado a los datos, pero solamente una fracción es usada

De forma semejante, el operador no está utilizando su habilidad al máximo, porque nadie más puede acceder al canal sin usar. Esta situación es solamente parte del problema con usar la conmutación por circuito. El usuario también tiene que establecer una nueva conexión cuando quiere conseguir un poco de información (si no está conectado ya). Dígase que alguien quiere verificar el clima usando un teléfono de WAP y, cuando esté listo, se desconecta. Si alguien quiere verificar el clima en un área cercana cinco minutos después, entonces, tiene que establecer una nueva conexión. Este proceso de establecimiento de conexión toma no menos que 20 - 40 segundos a veces, pero es posible disminuirlo a 5 - 10 segundos usando *routers* de acceso especiales. En resumen, las redes de conmutación de circuitos son apropiadas para las sesiones de datos donde no se necesita un *rate* de bit garantizado y donde la cantidad de la

información que es enviada y recibida varía enormemente. El costo es alto tanto para el usuario como para el operador.

Introducir los datos de paquete en una red no sólo soluciona estos problemas sino también permite que los usuarios compartan los recursos de radio (como el tráfico es manejado sobre la Internet fija, donde algunos usuarios comparten la misma conexión para maximizar la eficiencia). De esta manera, no se deposita ninguna carga en la red cuando no se están enviando o recibiendo paquetes. Con los datos de paquete, los usuarios no sólo comparten la capacidad sino que también lo comparten con el circuito conmutado de voz y con los otros usuarios de datos.

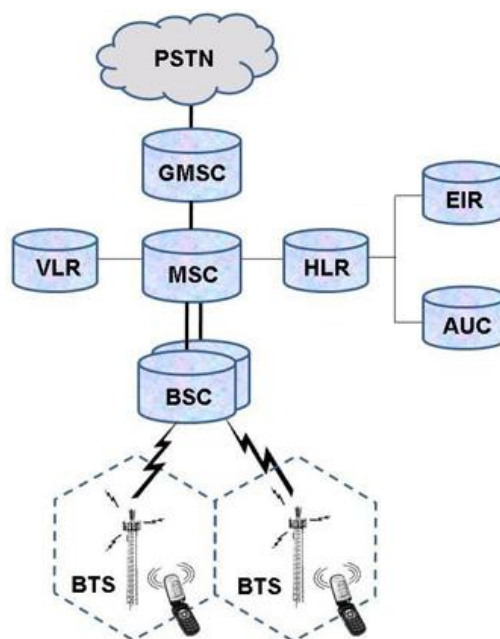
Esta característica es también beneficiosa para el operador, que ahora puede complacer a más usuarios dentro de la misma red. Además, esta característica hace posible utilizar piezas de la red que no se podían usar antes. Un hecho poco conocido es que la red de circuito conmutado es cargada completamente, donde algunos usuarios consiguen llamadas bloqueadas (no se puede hacer una llamada porque no hay ningún recurso), cuando todavía puede tener no menos del 40 por ciento de la capacidad sin usar. Una buena analogía es pensar en una red de conmutación por circuito como una caja grande de rocas que nunca puede ser llenada al 100 % debido a las formas irregulares de las rocas. Llenar la misma caja con rocas y arena (o arena solamente) hace posible llenar la caja aun más. Con GPRS, sin embargo, el número de usuarios aumenta, y la interferencia adicional es el resultado. Esta situación hace difícil conseguir la utilización al cien por ciento, pero todavía es una mejora importante. Ahora, se observa esta arena de GPRS y cómo trabaja. [9].

### **1.5.5. Arquitectura de la red GPRS, modificaciones de la arquitectura GSM**

La red estándar GSM ha sido alterada para soportar GPRS, debido a que no es capaz de transmitir datos en el modo de conmutación de paquetes. Por ello es necesario comprender a la perfección la arquitectura de GSM para luego poder hacer un estudio del funcionamiento básico y de la propia arquitectura de GPRS. A continuación se verán los principales elementos que conforman la red GSM y los cambios que son realizados a la misma para lograr una conmutación de paquetes exitosa.

Como se muestra en la Figura 1.8, una red típica GSM está compuesta por entidades funcionales que se dividen en tres partes fundamentales: Estación Móvil (MS) y Subsistema de Estación Base (BSS, *Base Station Subsystem*), Subsistema de Conmutación de Red (NSS, *Network Switching Subsystem*), y el

Subsistema de Operación y Mantenimiento (OMSS, *Operating & Maintenance Subsystem*). A estos elementos se le hace varias modificaciones en el software y se le agregan además algunos elementos hardware nuevos los cuales se verán a continuación.



**Figura 1.8.** Arquitectura de la Red GSM.

Esta nueva arquitectura (GPRS) supone importantes cambios en la red, nuevos elementos: Nodo de Soporte GPRS Servidor (SGSN, *Serving GPRS Support Node*) y Nodo de Soporte GPRS Pasarela (GGSN, *Gateway GPRS Support Node*), actualización de software a nivel de BTS, nuevo hardware en el BSC y *Backbone* basado en IP.

Una fuerza potente que posee la estandarización de GPRS es hacer la transición tan simple y provechosa como sea posible. En otras palabras, modificar las estaciones base lo menos posible. Las estaciones base son, antes que todo, la mejor parte del equipo en la que los operadores han invertido, y es imposible reemplazarlos. Segundo, las estaciones base con sus antenas son los elementos de la red que crean la cobertura; por lo tanto, su despliegue es extendido alrededor del país en cuestión. Para facilitar la cobertura máxima, los operadores ponen este equipo sobre tejados y sobre colinas a menudo, lo que hace difícil y costoso llevar a cabo cambios en estos sitios. A continuación se detallan las partes principales de

la arquitectura en cuestión, así como las diferentes interfaces presentes en GPRS. Dado que GPRS reutiliza la red GSM se puntualizarán solo los nuevos elementos incorporados por esta tecnología.

### 1.5.5.1. Subsistema de Estación Base (BSS)

Sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS, además de ser los encargados de la transmisión y recepción. Consta de dos elementos diferenciados: La Estación Base Transceptora (BTS) y el Controlador de Estación Base (BSC, *Base Station Controller*).

La BTS contienen transceptores y antenas usadas en cada célula de la red y que suelen estar situadas en el centro de la célula, generalmente su potencia de transmisión determina el tamaño de la célula. Toda la comunicación (voz, fax, datos o señalización) entre la estación móvil y la red móvil pública se realiza a través de la BTS, como cada BTS suministra a una celda de tamaño limitado, un número mayor de ellas debe ser desplegado de forma tal que se provea (idealmente) la misma cobertura.

La capacidad del canal de voz de la red GSM, en cualquier área en particular, es determinada por el número de frecuencias transportadas por celda y la densidad de celdas dentro de esa área. Lo anterior puede variar entre 1 y 16, con 8 canales de voz por frecuencias transmitidas. El resultado depende grandemente de la densidad de población, con muchas más celdas por área en las regiones más pobladas y menos BTS (con un relativo incremento de potencia) en áreas rurales.

Como resultado una estación base lleva a cabo los siguientes requerimientos:

- Confiabilidad, dirigido a mantener el servicio y el costo de mantenimiento bajo para sitios remotos.
- Diseño robusto que le permita resistir el viento y las inclemencias del clima en el lugar.

Los BSC se utilizan como controladores de los BTS y tienen como funciones principales las de estar al cargo de los *handovers*, los saltos de frecuencia y los controles de las frecuencias de radio de los BTS.

Es un recurso compartido entre el sistema de conmutación de circuitos GSM y el de conmutación de paquetes GPRS. El BSS es actualizado con nuevos protocolos de GPRS para la interfaz Gb. La interfaz

Gb conecta el BSS y el SGSN, permitiendo el intercambio de señales de información y los datos de usuarios. Tanto la interfaz aire como las interfaces Gb permiten que muchos usuarios sean multiplexados sobre los mismos recursos físicos. El BSS destina recursos a un usuario sobre la actividad (cuando los datos son enviados o recibidos) y los datos son reasignados inmediatamente de allí en adelante.

La capa de enlace de la interfaz Gb está basada en la carrera de relevos de marco, que es usado para hacer señas y la transmisión de datos. El Protocolo de Estación Base del Sistema GPRS (BSSGP, *Base Station System GPRS Protocol*) provee la relación de radio QoS y la información de direccionamiento que es requerida para transmitir los datos de usuario entre un BSS y un SGSN. La BTS requiere software adicional, de las señales de radio se separan datos y voz con conmutación de circuitos hacia MSC/VLR, y paquetes de datos GPRS hacia el SGSN, se añade un software, Unidad de Control de Canal (CCU, *Channel Control Unit*), que soporta nuevos esquemas de codificación.

La BSC posee nuevos elementos de hardware y software para GPRS, como hardware la Unidad de Control de Paquete (PCU, *Packet Control Unit*), responsable de las capas de Control del Enlace de Radio (RLC, *Radio Link Control*) y Control de Acceso al Medio (MAC, *Mean Access Control*). Posee la funcionalidad establecer, supervisar y desconectar conexiones de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes.

### **1.5.5.2. Subsistema de Conmutación de Red (NSS)**

El HLR es actualizado y contiene los datos de suscripción de GPRS. El HLR es accesible desde el SGSN a través de la interfaz Gr y desde el GGSN por la interfaz opcional Gc. Todas las estaciones móviles usan su HLR en una Red Terrestre Móvil Pública Local (HPLMN, *Home Public Land Mobile Network*). El HLR es mejorado con la información de abonado de GPRS. El MSC/VLR puede ser renovado para la coordinación más eficiente de GPRS, los servicios que no son de GPRS y la funcionalidad que implementa la interfaz Gs, que usa los procedimientos BSSAP + procedimientos, un subconjunto de procedimientos de aplicación BSS (BSSAP). El *paging* para las llamadas por conmutación de circuito puede ser llevado a cabo más eficientemente a través del SGSN.

La interfaz Gs también admite el modo de operación fácil clase B para el diseño de estaciones móviles. El SMS-GMSC y las funciones de SMS-IWMSC son aumentados para SMS sobre GPRS. También, el

procedimiento de reparto de Identidad de Abonado Móvil Temporal (TSMI, *Temporary Subscriber Mobile Identity*) es modificado. El área de servicio de un SGSN está dividido en número de Áreas de Enrutamiento (RA, *Routing Areas*) para la red GPRS, el RA es menor o igual que el Área de Localización (LA, *Location Area*) del MSC, el VLR es la información temporal para suministrar servicios a las estaciones móviles situadas en la LA del MSC o en el RA del SGSN. El MSC/VLR se conecta al SGSN directamente usando la interfaz Gs, e indirectamente por medio de la BSS usando la interfaz Gb.

Este sistema se encarga de administrar las comunicaciones que se realizan entre los diferentes usuarios de la red; para poder hacer este trabajo la NSS se divide en varios sistemas diferentes, cada uno con una misión dentro de la red:

- **Centro de Conmutación Móvil (MSC, *Mobile Switching Center*):** Es el componente central del NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes.
- **Centro de Conmutación Móvil de Pasarela (GMSC, *Gateway Mobile Switching Center*):** Un *gateway* es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan. Bien, la misión del GMSC es esta misma, servir de mediador entre las redes de telefonía fijas y la red GPRS.
- **Registro de ubicación de abonados (HLR):** El HLR es una base de datos que contiene información sobre los usuarios conectados a un determinado MSC. Entre la información que almacena el HLR se tiene fundamentalmente la localización del usuario y los servicios a los que tiene acceso. El HLR funciona en unión con el VLR como se verá a continuación.
- **Registro de ubicación de visitantes (VLR):** Contiene toda la información -sobre un usuario- necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red. Forma parte del HLR con quien comparte funcionalidad.
- **Centro de autenticación (AuC, *Authentication Center*):** Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red; también se encarga de soportar funciones de encriptación.

- **Registro de identidad de equipo (EIR, *Equipment Identity Register*):** También se utiliza para proporcionar seguridad en las redes GPRS pero a nivel de equipos válidos. La EIR contiene una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser usados en la red. Esta base de datos contiene la Identidad Internacional de Equipo Móvil (IMEI, *International Mobile Equipment Identity*) de cada terminal, de manera que si un determinado móvil trata de hacer uso de la red y su IMEI no se encuentra localizado en la base de datos del EIR no puede hacer uso de la red.
- **Unidad de interconexión GSM (GIWU, *GSM Interworking Unit*):** Sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para comunicación de datos.
- **GGSN (Gateway GPRS Support Node):** Es un punto de acceso a la red externa de datos, es la interfaz hacia las redes de paquetes externas de IP (desde la red IP externa, el GGSN actúa como un *router* para las direcciones IP de todos los abonados servidos por la red GPRS), maneja la gestión de sesión GPRS; comunicación hacia la red externa, funcionalidad de asociar a los abonados con el SGSN correcto, capacidad de todos los SGSN conectados, salida de datos de facturación del uso de la red de datos externa de las estaciones móviles, consecuentemente debe proveer el acceso del HLR con el objetivo de obtener la información de localización requerida para la transferencia final de paquetes en móviles. Colecta la información que contiene los detalles del acceso de los abonados a la red pública de datos.
- **SGSN:** Es el nodo que abastece a las necesidades de la estación móvil, establece un contexto de administración flexible para una estación móvil implícita. Es su deber cifrar paquetes orientados al tráfico así como la autenticación, colecta detalles sobre el volumen de datos (Kbytes o Mbytes) transferido por el usuario. Encaminamiento y transferencia de paquetes IP de datos salientes y entrantes, maneja la capacidad de los BSCs conectados, salida de datos de uso y de facturación, entidad responsable de la comunicación entre la red y los usuarios GPRS de su área de servicio, seguridad en el acceso de radio: cifrado y autenticación. Gestión de sesión y movilidad (almacena el "VLR" de GPRS, el perfil del usuario visitante IMSI y el contexto de Protocolo de Datos por Paquete (PDP, *Packet Data Protocol*)).
- **Pasarela Frontera (BG, *Border Gateway*):** Interconecta los Nodos de Soporte GPRS (GSN, *GPRS Support Node*) de diferentes operadores de red móvil (*roaming*), o redes del mismo

operador en diferentes países, por seguridad e interoperabilidad. El BG representa la puerta de conexión con otras PLMN y posibilita el intercambio de datos de forma segura a través de la red de transporte Inter-PLMN, en lugar de hacerlo a través de Internet. Un BG es un *router* que maneja algún protocolo de *routing* a través de la interfaz Gp.

- **SMS–GMSC y SMS–IWMSC:** La Pasarela MSC para el Servicio de Mensajes Cortos (SMS–GMSC, *Gateway MSC for Short Message Service*) y la Interconexión MSC para el Servicio de Mensajes Cortos (SMS–IWMSC, *Interworking MSC for Short Message Service*) son una nueva interfaz en el SGSN para permitir a las MS enviar y recibir SMSs sobre canales de radio GPRS.

### 1.5.5.3. Subsistema de Soporte y Operación

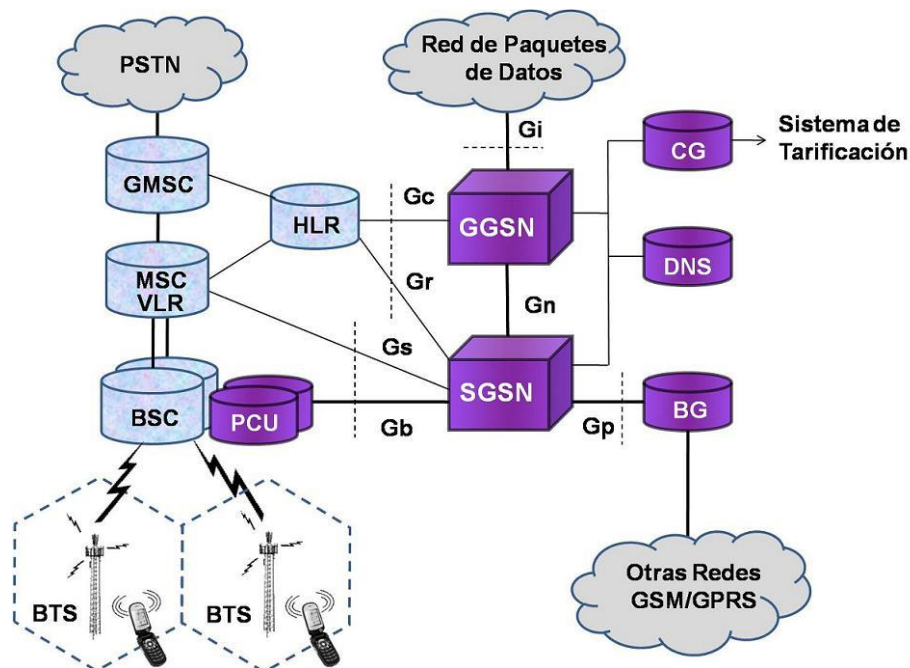
Los Subsistemas de Soporte y Operación (OSS, *Operation and Support Subsystem*) se conectan a diferentes NSS y BSC para controlar y monitorizar toda la red GPRS. La tendencia actual en estos sistemas es que, dado que el número de BSS se está incrementando se pretende delegar funciones que actualmente se encarga de hacerlas el subsistema OSS entre los BTS, de modo que se reduzcan los costes de mantenimiento del sistema. [7].

En la figura 1.9 se muestra como quedaría la arquitectura GPRS luego de haber realizado los cambios explicados anteriormente.

### 1.5.6. Interfaces

El sistema GPRS introduce nuevas interfaces a la arquitectura de red de GSM, llamadas G-interfaces. Es importante comprender la función de todas las interfaces y puntos de referencia pues brindan un acercamiento al sistema GPRS y su evolución.





**Figura 1.9.** Arquitectura de la Red GPRS

- **Interfaz Gb:** Interfaz entre la BSS y el SGSN. La interfaz Gb es la encargada del tráfico GPRS y la señalización entre la red de radio GSM (BSS) y la parte GPRS. Los servicios de red basados en transmisión (NSs) proveen el control de circulación para esta interfaz.
- **Interfaz Gn:** Interfaz entre dos GSNs dentro de la misma red móvil pública. Provee datos e interfaces de señalización en la intra-PLMN. El protocolo de direccionamiento es usado en la interfaz Gn (y la Gp) sobre la red basada en IP.
- **Interfaz Gi:** Interfaz desde GGSN hacia la red de datos pública.
- **Interfaz Gp:** Interfaz entre dos GSNs en varias PLMNs. Provee las mismas funcionalidades que la interfaz Gn, pero brinda además, con el BG y el Firewall (cortafuego), todas las funciones requeridas en la inter-PLMN, ej: seguridad, direccionamiento, etc.
- **Interfaz Gr y Gc:** Interfaces desde SGSN y GGSN respectivamente hacia el HLR para el intercambio en la suscripción de usuarios, servicios y datos de localización.

- **Interfaz Gd:** Interfaz entre el SMS-GMSC y un SGSN, y entre SMS-IW MSC y un SGSN. La interfaz Gd permite un uso más eficiente de los servicios SMS.
- **Interfaz Gf:** Interfaz entre un SGSN y el EIR. Brinda el acceso SGSN a la información de equipo. En el EIR, las estaciones móviles están divididas en tres listas: lista negra para móviles robados, lista gris para móviles bajo observación y lista blanca para los otros móviles.
- **Interfaz Um:** Interfaz entre una estación móvil y la parte de la red mejorada de GPRS. Es la interfaz de acceso de la estación móvil a la red GPRS. La estación móvil posee una interfaz de radio hacia la BTS, que es la misma interfaz usada por la existente red GSM con algunos cambios específicos de GPRS.
- **Interfaz Gs:** Interfaz entre un SGSN y un MSC. El SGSN puede enviar datos de ubicación al MSC o recibir solicitudes de paginación a través de esta interfaz opcional. Mejorará enormemente el uso de los recursos de radio y red en la red combinada GSM/GPRS. Esta interfaz utiliza BSSAP+ protocolo.

Existen dos puntos de referencia diferentes en la red GPRS. El G<sub>j</sub> es específicamente de GPRS, pero el R es común con la red de conmutación de circuitos GSM. Los dos puntos de referencia de GPRS son los siguientes:

- **G<sub>j</sub>:** Entre un GGSN y una red externa. La red GPRS está conectada a una red de datos externa a través de esta interfaz. El sistema GPRS soporta una variedad de redes de datos y esa es la razón por la que G<sub>j</sub> no es una interfaz estándar y sí, un punto de referencia.
- **R:** Entre el equipo terminal y el móvil final. Este punto de referencia conecta el equipo terminal al móvil final, ej: una laptop para transmitir datos sobre un teléfono GSM. [13].

## 1.5.7. Servicios

### Servicios portados y servicios suplementarios

El portador de servicios de GPRS ofrece transferencia de conmutación de paquetes de datos *end-to-end* a los abonados móviles. Actualmente, el servicio punto a punto (PTP) es especificado, y trae consigo dos

variantes: el modo de Servicio de Conexión Leve de Red (PTP-CLNS, *PTP Connectionless Network Service*), para IP, y el modo conexión orientada (PTPCONS, *PTP Connection Oriented Network Service*), para X.25.

Es posible usar protocolos de ruteo IP *multicast*. Los paquetes dirigidos a un grupo IP *multicast* serán dirigidos a todos los miembros del grupo. Además, los mensajes SMS pueden ser enviados y recibidos sobre GPRS. Basado en estos servicios estandarizados, los proveedores de GPRS pueden ofrecer servicios no estandarizados adicionales, el acceso a bases de datos de información, servicios de mensajería, y servicios de transacción son ejemplos claros. El escenario de aplicación más importante es el acceso inalámbrico a la web (*www, World Wide Web*), y a las intranets corporativas como comunicación vía correo electrónico.

### **Calidad del servicio**

Los requerimientos de Calidad de Servicio (QoS, *Quality of Service*) para la variedad de aplicaciones de datos móviles, en los cuales GPRS es usado como tecnología de transmisión, son muy diversos, (por ejemplo, comparar los requerimientos de una videoconferencia en tiempo real con transferencia de correo electrónico respecto a la demora de los paquetes y la transmisión libre de errores).

El soporte de diferentes clases de calidad de servicio es además una característica importante para soportar una gran variedad de aplicaciones preservando los recursos de radio y red de una manera eficiente. Además, las clases de calidad de servicio permiten a los proveedores ofrecer diferentes opciones de facturación. La facturación puede basarse en la cantidad de datos transferidos, el tipo de servicio y el perfil de calidad de servicio. En este momento, cuatro parámetros de calidad de servicio están definidas en GPRS: servicio de precedencia, confiabilidad, demora y rendimiento. Usando estos parámetros, los perfiles de calidad de servicio pueden ser negociados entre el usuario móvil y la red para cada sesión, dependiendo de la demanda de calidad de servicio y los recursos disponibles.

El servicio de precedencia es la prioridad (en relación con otros servicios). Existen tres niveles de prioridad: alta, normal y baja. En el caso de un tráfico intenso, por ejemplo, los paquetes de baja prioridad son descartados primero.

La confiabilidad indica las características de transmisión requeridas por una aplicación. Tres clases de confiabilidad están definidas, las cuales garantizan ciertos valores máximos para la probabilidad de pérdida, duplicación, y corrupción de paquetes.

## **Uso simultáneo de conmutación de paquetes y conmutación de circuitos**

En una red GSM/GPRS, los servicios convencionales de conmutación de circuito (voz GSM, datos y SMS) y los servicios de GPRS pueden usarse en paralelo. El estándar GPRS define tres clases de estaciones móviles, las de clase A, soporta enteramente las operaciones simultáneas de servicios GSM y GPRS. Clase B, puede registrarse en la red para los servicios GPRS y GSM simultáneamente y oír ambos tipos de señalización de mensajes, pero solo usa uno de los servicios a la vez. Clase C, puede adjuntar cualquier servicio GSM o GPRS en un tiempo dado, el uso simultáneo no es posible, excepto por los mensajes SMS, los cuales pueden enviarse y recibirse en cualquier momento. [14].

### **1.6. Servicios Basados en la Localización**

El término Servicios Basados en la Localización (LBS, *Location Based Services*) es un concepto que denota aplicaciones que integran la ubicación geográfica (ej. coordenadas espaciales) con la noción general de los servicios, ejemplo de estas aplicaciones se tienen a los servicios de emergencia, sistemas de navegación de automóviles, páginas amarillas (combinación de páginas amarillas y mapas), planificación turista de viajes, etc.

Con el desarrollo de la comunicación móvil, estas aplicaciones representan un novedoso desafío conceptual y técnico. Evidentemente, muchas de estas aplicaciones serán una parte de la vida diaria futura, corriendo en computadoras, asistentes digitales personales (PDAs, *Personal Digital Assistant*), teléfonos y otros. Proveer a los usuarios valores adicionales a la información de ubicación es una tarea complicada. Dada la variedad de las posibles aplicaciones, los requerimientos básicos de los LBS son numerosos. Entre ellos se pueden citar la existencia de estándares, poder eficiente de cómputo e interfaces poderosas y amigables para el usuario.

El campo de los LBS, presenta muchos desafíos en relación a la investigación y a asuntos industriales, seguridad, privacidad, disponibilidad de datos, precios. Los LBS son usualmente usados a través de navegadores web y son considerados en este caso un tipo particular de servicios Web.

Con esta perspectiva, el mayor reto a considerar es la personalización de los servicios, la estandarización en los usuarios móviles, y la unión de los mismos con la transmisión de contexto, como tiempo, ubicación, y posiblemente otras dimensiones como el perfil de usuario. Este último incluye generalmente sus datos básicos relacionados, como el nombre, la dirección, y posiblemente preferencias que hayan sido establecidas por el usuario o inferidas por el sistema.

Los servicios basados en localización, engloban un conjunto de aplicaciones que incorporan a la información de posición otros datos relativos al entorno, con el fin de proporcionar un servicio de valor añadido al usuario. Estos servicios nacen de la convergencia de Internet, las comunicaciones inalámbricas y las tecnologías de posicionamiento, y están muy ligados a conceptos emergentes como la inteligencia ambiental o el espacio inteligente.

Haciendo una revisión del panorama actual, se observa que la posibilidad de conocer la ubicación de un terminal móvil ya ha dado lugar a numerosos servicios de información, rastreo, selección de rutas y gestión de recursos. Algunos servicios de localización móvil que se han implementado o comercializado son:

- **Servicios por activación automática:** Se inician cuando el usuario entra en un área de cobertura determinada. Resultan adecuados para aplicaciones publicitarias o de facturación.
- **Servicios de información:** El usuario del servicio demanda información de algún tipo (establecimientos, tráfico...), que varía según su posición.
- **Seguimiento por terceros:** Contemplan tanto aplicaciones corporativas como de consumidor, donde la información de la localización es requerida por un tercero. Se pueden utilizar para gestión de flotas, búsqueda de personas, etc.
- **Asistencia al usuario:** Están diseñados para proveer al usuario de condiciones seguras si éste se encuentra en dificultades. Servicios de asistencia en carretera u otros servicios de emergencia están dentro de este grupo.

En general, los procesos de localización pueden estar asistidos por red, o por el mismo terminal móvil, en caso de que éste sea capaz de calcular su posición autónomamente. Esta última fórmula, utilizada en sistemas como GPS, procura unas condiciones de privacidad muy valoradas para algunas aplicaciones.

Los servicios de localización imponen requisitos de precisión muy dispares, en función de sus objetivos. Existen aplicaciones que admiten un error de decenas de metros, y otras para las que es necesario conocer la ubicación del elemento buscado al centímetro, y en las que además se necesita una respuesta en tiempo real y un sistema de comunicación entre los mismos dispositivos que se han de localizar. Para ofrecer estos servicios existen varias técnicas que permiten conocer la posición de un terminal móvil. La precisión, el coste y la dificultad de implementación son parámetros que el prestador del servicio valora previamente antes de decidirse por una u otra opción. [15].

## **1.7. Conclusiones**

Se ha realizado en el presente capítulo el estudio del arte correspondiente a la tecnología GPRS, mostrando sus principales características y elementos de su red, unido con una breve reseña histórica de su surgimiento y una leve introducción a los sistemas basados en la localización.

## CAPÍTULO 2: GESTIÓN DE LA LOCALIZACIÓN

### 2.1. Introducción

En el presente capítulo se realiza un análisis referente a la localización, se brinda una reseña histórica de los LBS, se describen los elementos principales de dicho proceso, su administración y arquitectura. Además se describen los métodos utilizados para la localización, en vista a satisfacer la futura propuesta.

### 2.2. El proceso de localización

Los tipos de localización son: físico (longitud, latitud, altura) y simbólico (comprensible por la persona), absoluto (se tiene un sistema de referencia como ocurre con el GPS o las redes de combinaciones móviles) y relativo (solamente se obtienen referencias respecto a otros usuarios o estaciones base, como en redes *wifi* o *bluetooth*), soportado por red (la que hace los cálculos de posicionamiento basándose en los datos suministrados por el terminal) o soportado por terminal (realiza sus cálculos basándose en datos suministrados por la red y otras fuentes externas).

La elección de un sistema de posicionamiento se convierte en un problema de satisfacción de restricciones con múltiples variables y condiciones en función de la tecnología de comunicaciones móviles, posicionamiento global y cuestiones de regulación.

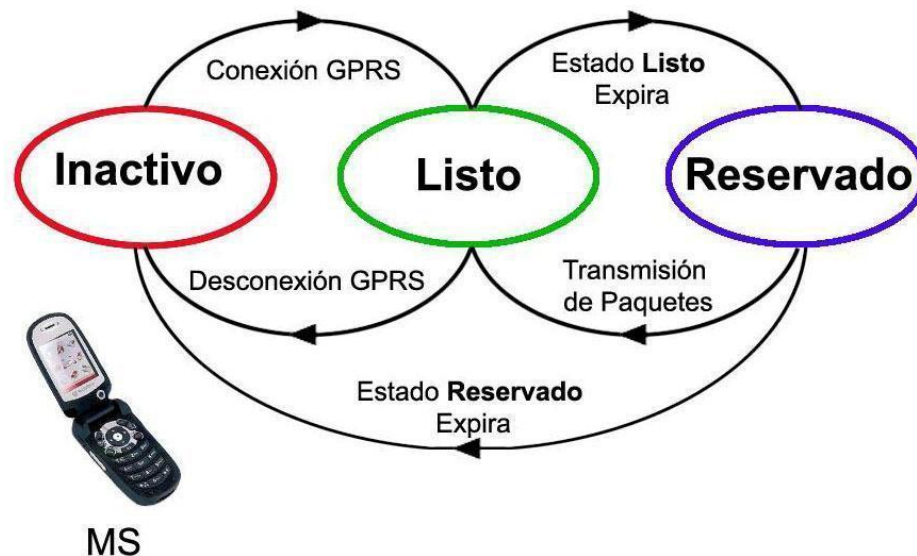
Las fuentes de datos que se utilizan para obtener los datos de contexto (en este caso la posición) se pueden clasificar en sensores físicos (celda, potencia de la señal con ayuda de los modelos de propagación de radiofrecuencia desarrollados, medidas de tiempo de vuelo de la señal, etc.), sensores lógicos (introducción de datos por parte del usuario, como el código postal) o sensores virtuales (análisis de la información introducida).

### 2.3. Administración de localización

Como en la conmutación de circuito de GSM, la principal tarea de administración de localización es mantener las trazas de la ubicación actual de un usuario, como resultado los paquetes que llegan pueden ser dirigidos a sus estaciones móviles. Por esta razón, la estación móvil envía frecuentemente mensajes actualizados de ubicación hacia su SGSN. ¿Con qué frecuencia la estación móvil debe mandar estos

mensajes? Si sus actualizaciones no son actuales, la red realiza un proceso de voceo (*paging*) con el objetivo de buscar la estación móvil cuando los paquetes están llegando. Esto se traduce en una significativa demora de entrega.

Por otro lado, si las actualizaciones de ubicación ocurren muy a menudo, la ubicación de la estación móvil es bien conocida para la red (y por lo tanto, los paquetes pueden ser distribuidos sin cualquier demora de *paging* adicional), pero gran parte del ancho de banda de radio en subida y energía son utilizados por la administración de movilidad. Consecuentemente una buena estrategia de administración de localización debe ser acordada entre estos dos métodos extremos. En la figura 2.1 se define el modelo de estado para las estaciones móviles GPRS.



**Figura 2.1.** Modelo de estado de una estación móvil GPRS

En el estado inactivo la estación móvil no está disponible, realizando la conexión GPRS, entra en estado listo. Con la desconexión de GPRS puede des-registrarse de la red y retroceder al estado inactivo, y todos los contextos PDP son eliminados. El estado reservado puede ser alcanzado cuando la estación móvil no envía paquetes por un período de tiempo prolongado, y el *timer* del estado listo (que fue iniciado al conectarse GPRS y es reseteado para cada entrada y salida de transmisiones) expira.



La frecuencia de actualización de ubicación depende del estado en el que la estación móvil esté. En el estado inactivo, no es realizada la actualización de ubicación. Si la estación móvil se encuentra en estado listo, puede informar al SGSN sobre cualquier movimiento hacia una nueva celda. Para la administración de localización o ubicación de la estación móvil en estado reservado, el área de ubicación es dividida en las llamadas Áreas de Direccionamiento (RAs, *Routing Areas*).

En general, un área de direccionamiento está formada por numerosas celdas. EL SGSN será solamente informado cuando una estación móvil se traslade a una nueva RA, los cambios de celda no serán indicados. Para encontrar la celda actual de una estación móvil que se encuentra en estado reservado, el *paging* de la estación móvil dentro de una cierta RA debe ser realizado. Para estaciones móviles en estado listo, el *paging* no es necesario.

Siempre que una estación móvil se traslada a una nueva RA, envía una petición de actualización de área de direccionamiento hacia su SGSN asignado. El mensaje contiene la Identidad de Área de Direccionamiento (RAI, *Routing Area Identity*) de la antigua RA. La BSS añade la Identidad de Celda (CI, *Cell Identity*) de la nueva celda a la petición, desde la cual el SGSN puede obtener la nueva RAI. Los dos escenarios posibles son: actualización de área de direccionamiento Intra-SGSN y actualización de área de direccionamiento Inter-SGSN.

En la Intra-SGSN, la estación móvil es movida hacia un RA que es asignado al mismo SGSN como el antiguo RA. En este caso, el SGSN ha almacenado el perfil de usuario necesario e inmediatamente puede asignar una nueva área actualizada de direccionamiento. Como el contexto de direccionamiento no cambia, no es necesario informar otros elementos de red, como GGSN o HLR.

En el caso del Inter-SGSN, el nuevo RA es administrado por un SGSN diferente que en el antiguo RA. El nuevo SGSN se da cuenta de que la estación móvil ha entrado en su área y hace una petición al antiguo SGSN para enviar el contexto PDP del usuario, solicitud de contexto SGSN, respuesta de contexto SGSN, aceptación de contexto de SGSN (*SGSN CONTEXT REQUEST*, *SGSN CONTEXT RESPONSE*, *SGSN CONTEXT ACKNOWLEDGE*). Luego, el nuevo SGSN informa a los GGSN involucrados sobre los nuevos contextos de direccionamiento de los usuarios, actualización de la solicitud de contexto PDP, actualización de respuesta de contexto PDP (*UPDATE PDP CONTEXT REQUEST*, *UPDATE PDP CONTEXT RESPONSE*).

Adicionalmente, el HLR y el MSC/VLR, si es necesario, son informados sobre el nuevo número SGSN de usuario. Además de la actualización pura de los RA, existen también actualizaciones RA/LA combinadas. Son ejecutadas siempre que una estación móvil, usando GPRS tanto como servicios convencionales GSM, se mueve a una nueva área de localización (LA). La estación móvil envía una solicitud de actualización de área de direccionamiento al SGSN y usa un tipo de parámetro de actualización para indicar que una actualización de LA es necesaria. El mensaje es entonces reenviado del SGSN al VLR.

En resumen, la administración de movilidad de GPRS consta de dos niveles:

- 1- micro administración de movilidad a través del actual RA o celda del usuario.
- 2- macro administración de movilidad, mantiene la vía del SGSN actual del usuario y lo almacena en el HLR, VLR y el GGSN. [16].

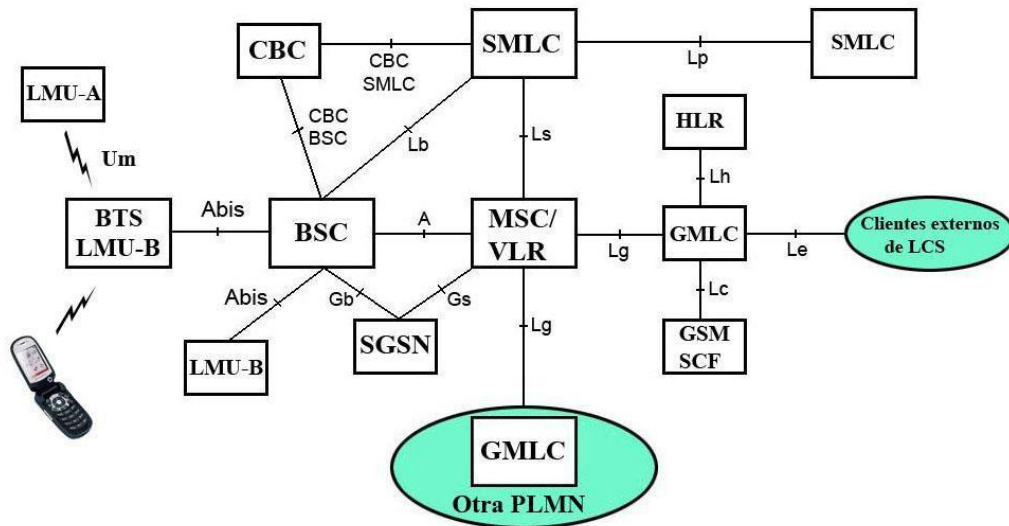
### **2.3.1. Arquitectura de localización**

Los primeros métodos implementados usualmente son aquellos basados en identidad celular. En este caso, la arquitectura es usualmente basada en NSS y por lo tanto ofrece capacidad moderada con bajo costo. La arquitectura NSS depende de las interfaces estándares para coleccionar la información requerida para calcular la posición estimada. La arquitectura NSS puede usar información como la identidad de celda o avance de tiempo y, en algunos casos, fuerte capacidad de la señal recibida por el terminal (RXLEVs, *Received Signal Level*). Básicamente, más información permite más exactitud. La arquitectura NSS es descrita en la figura 2.2, donde el Centro Servidor de Localización Móvil (SMLC, *Serving Mobile Location Centre*) y el Centro Pasarela de Localización Móvil (GMLC, *Gateway Mobile Location Centre*) están conectados al centro de conmutación de servicios móviles (MSC).

Las interfaces de localización son Ls para el SMLC y la Lg para el GMLC. Estas interfaces están basadas en los estándares y por lo tanto deben ser las mismas para todos los proveedores de redes celulares. Esto debe ayudar en el caso de redes multi-suministradoras donde la red celular consta de equipos de muchos proveedores diferentes.

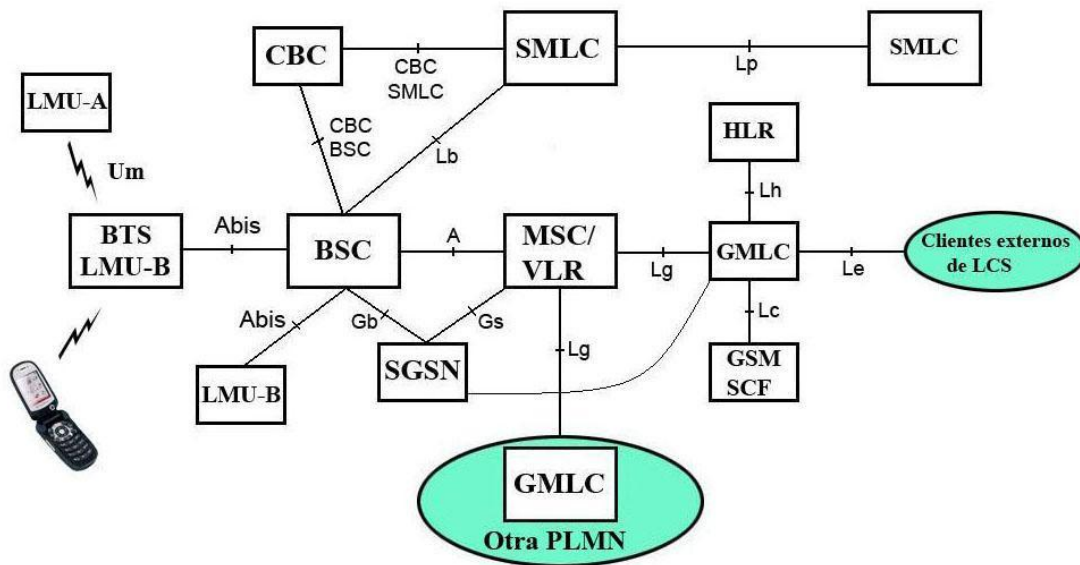
En la figura 2.2, el primer elemento que es especificado para el posicionamiento es la Unidad de Medición de Localización (LMU, *Location Measurement Unit*). Para el método de localización Diferencia de Tiempo Observado Mejorada (E-OTD, *Enhanced Observed Time Difference*) la LMU mide los tiempos de las BTSs

y reporta estos valores al SMLC para posibilitar calcular la posición estimada junto con el reporte de tiempo enviado por el móvil. En el caso del método Tiempo de Arribo (TOA, *Time of Arrival*), las LMU reciben transmisiones desde el terminal. El SMLC envía entonces las coordenadas geográficas estimadas del terminal hacia el GMLC que envía la información hacia y desde otra aplicación. Las interfaces Ls y Lb están entre el SMLC y la BSC o el MSC, y la Lg se encuentra entre el GMLC y el MSC.



**Figura 2.2. Arquitectura LCS Genérica**

Las interfaces Lb y Ls tienen en esencia la misma estructura de pila, pero la información que contienen es considerablemente diferente. En el caso de Lb, la base de datos de la red es menor, pues el SMLC sirve solo una BSC y como resultado permite una capacidad de estimación de localización superior en el SMLC. El próximo paso en la evolución de la arquitectura es la basada en BSS que permite al sistema usar la información de interfaz de radio más eficientemente y por lo tanto no tiene que usar la señalización necesariamente para el transporte de información de medición hacia el MSC. La arquitectura BSS utiliza los datos de dimensión, que son específicamente para los métodos mejorados como el de E-OTD, más eficientemente. La figura 2.3 muestra la arquitectura BSS básica que es la única opción de arquitectura de los estándares GSM Rel'4 en adelante. El soporte LCS para GPRS no está incluido en GSM Rel'98 y Rel'99, pero otras publicaciones incrementan el soporte. [18].



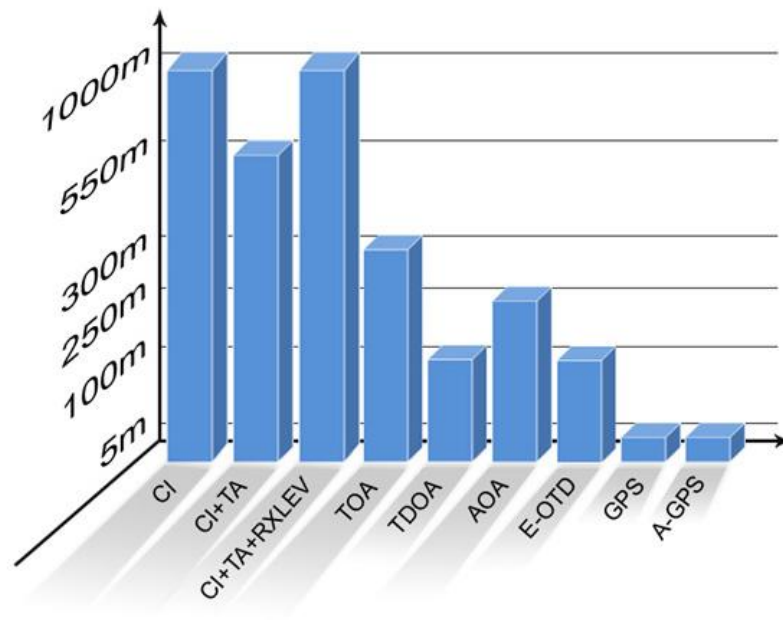
**Figura 2.3.** Arquitectura de LCS BSS

### 2.4. Métodos de localización.

Hay muchas técnicas de ubicación creadas para la solicitud en redes de comunicaciones móviles. La mayoría de ellas calculan las coordenadas de la estación móvil procesando las distancias absolutas y/o las distancias relativas con las técnicas de multilateración entre la estación móvil y las múltiples estaciones base. Se seguirá en el desarrollo del documento, primero las técnicas basadas en la identidad celular, las basadas en red y luego las técnicas basadas en la modificación del terminal móvil.

#### 2.4.1. Métodos basados en la identidad celular.

La identificación por celda es el sistema que en la actualidad más emplean las operadoras de telefonía móvil. Para aumentar las prestaciones de la técnica, existe un método mejorado basado en identificación celular (*Enhanced Cell-ID*), que sirve para ubicar todo tipo de dispositivos móviles en redes GSM, GPRS, UMTS (*Universal Mobile Telecommunication Services*) y CDMA. Este método utiliza el parámetro de avance de tiempo (TA, *Timing Advance*). El parámetro de avance de tiempo habitualmente se emplea para alinear la recepción de las tramas con el fin de evitar colisiones en las estaciones base. [18].

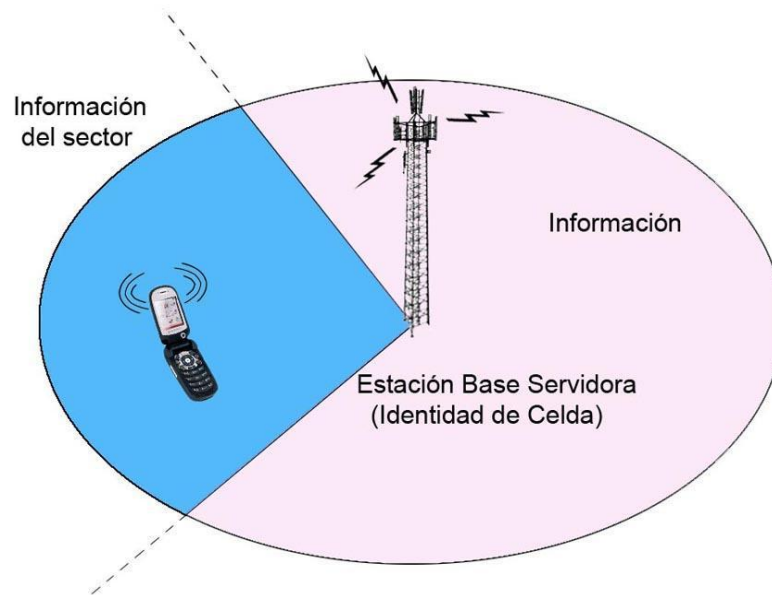


**Figura 2.4.** Exactitud de los métodos de localización

### 2.4.1.1. Método de localización Identidad de Celda (CI)

En redes celulares, las estaciones base sirven solamente a un área geográfica limitada, por lo tanto, la identidad de la estación base que sirve a una estación móvil provee la información de ubicación más simple. En GSM, la identidad de la estación base servidora está disponible con el parámetro conocido como CI. Una manera de determinar un cálculo aproximado de ubicación basado en este método es suponer que el móvil es la coordenada de antena de la celda servidora.

Este es el cálculo aproximado más probable cuando la celda servidora es omnidireccional. Para una celda del sector, una ubicación basada en CI más exacta puede ser estimada en el punto central del sector servidor. Para admitir este cálculo, sin embargo, propiedades de orientación y de radiación básicas de la antena de la estación de base servidora y el tamaño de celda son requeridas, además de las coordenadas de la antena de la celda servidora. El principio básico del método de ubicación CI es representado en la siguiente figura 2.5.



**Figura 2.5.** Método de localización Identidad de Celda (CI)

### 2.4.1.2. Método de localización Identidad de Celda y Avance de Tiempo (CI + TA)

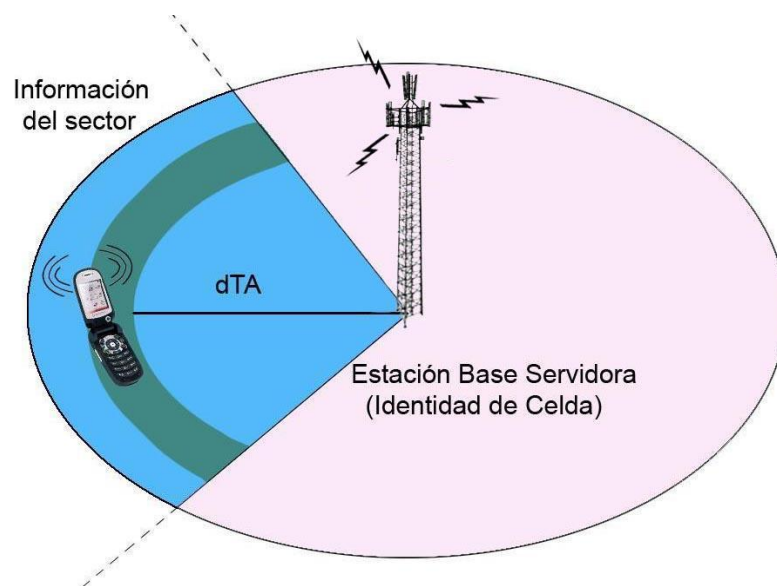
Además de CI, TA también está disponible en GSM para la estación base servidora. El TA representa la demora del recorrido entre el móvil y la BTS servidora expresado como un múltiplo entero del período de bit de GSM. El TA es usado para evitar que coincidan las ráfagas transmitidas por usuarios diferentes dentro de la misma celda en el sitio de la estación base servidora. De acuerdo con las especificaciones de GSM, el TA es un número entero entre 0 y 63. Un modelo simple para una medición de TA puede ser expresado como  $TA = dBTS / (cT_b / 2)$  donde  $T_b = 3.69 \mu s$ , es el período de bit de GSM,  $c$  la velocidad de las ondas de radio, y  $dBTS$  la distancia estimada por el sistema entre terminal y la estación base servidora. En la estimación de la distancia entre el terminal y estación base servidora,  $d_{ta}$ , es obtenido de un TA haciéndolo disponible por la red de la siguiente manera:

$$d_{ta} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{4} \left( \frac{cT_b}{2} \right) \text{ if } TA = 0 \\ TA \left( \frac{cT_b}{2} \right) \text{ if } TA > 0 \end{array} \right\} (1)$$

La información de TA no puede ser usada para mejorar la exactitud de ubicación cuando la celda servidora es omnidireccional; de hecho, en tales circunstancias y en la falta de ninguna información

adicional, la ubicación de terminal más probable es en las coordenadas de antena de las celdas servidoras. Por otro lado, si la celda es una celda sector, la ubicación de los terminales puede ser estimada sobre un arco circular teniendo el radio igual a la distancia estimada desde el TA (**dTA**), en el centro de las coordenadas de antena de las celdas servidoras.

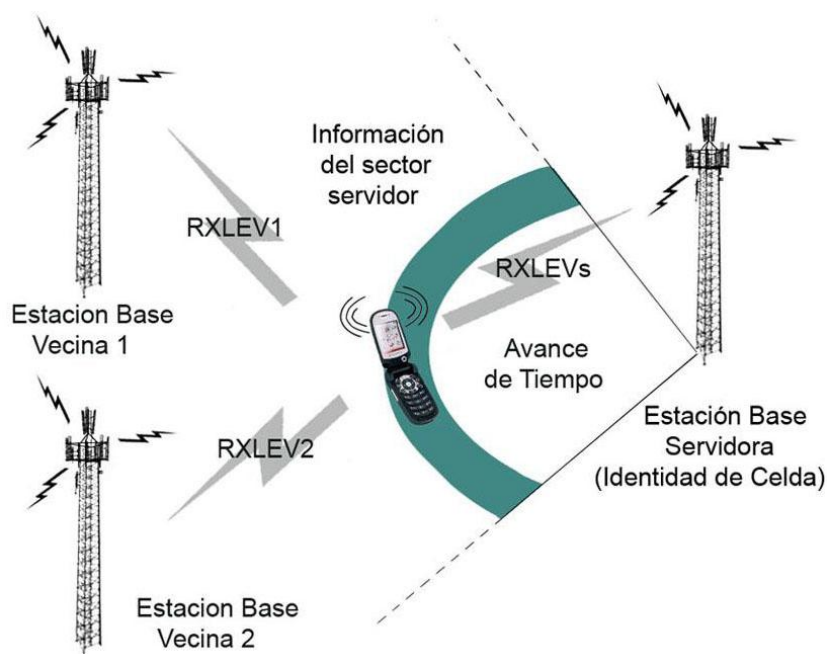
La trayectoria de la antena de la celda servidora y el radio dibujado determinan la orientación y el ancho angular del arco, respectivamente. El grosor radial del arco es determinado por el margen de error de medición del TA, que es comparable a la resolución TA de la mitad del período de bit ( $cT_b / 2 \approx 550 \text{ m}$ ). El rendimiento del método de localización CI+TA puede ser mejorado eventualmente teniendo en cuenta adicionalmente la confiabilidad de **dTA** como un cálculo aproximado de la distancia entre una unidad terminal y la estación base servidora. El cálculo aproximado **dTA** es caracterizado por un error que lo hace diferir de la distancia verdadera entre la estación móvil y la BTS servidora. El error es determinado por la interferencia, línea de visión no directa y la propagación multi-ruta sobre el canal de radio; otras deficiencias que afectan los algoritmos son usados para estimar los **dBTS**; el error de cuantización es introducido cuando redondea la demora de propagación de recorrido estimada al múltiplo más cercano del período de bit. El principio de ubicación CI+TA es representado en la figura que a continuación se muestra. [19].



**Figura 2.6.** Método de localización Identidad de Celda y Avance de Tiempo (CI+TA)

### 2.4.1.3. Método de localización Identidad de Celda, Avance de Tiempo y RXLEV (CI + TA + RXLEV)

El método CI+TA+RXLEV calcula las coordenadas de los terminales combinando CI, TA (usado para calcular la distancia entre el terminal y la estación base servidora) y la información de la potencia de la señal recibida. RXLEVs son las mediciones de la fuerza de las señales recibidas por el terminal móvil desde la celda servidora y desde las seis celdas vecinas más fuertes, introducido en el sistema de GSM para soportar procedimientos de administración de movilidad. El nivel de una señal recibida por una unidad terminal móvil, o más precisamente la atenuación que esa señal ha experimentado, depende también de la posición recíproca del terminal y de la estación base desde donde la señal fue transmitida. Usando modelos de propagación apropiados, es posible, por ejemplo, calcular la distancia entre el terminal y cada estación base transmisora. Cada distancia estimada define un círculo sobre el que el terminal podría estar ubicado. Cuando al menos tres círculos distintos están disponibles, la ubicación del terminal puede ser calculado en su intersección. El principio de localización CI + TA + RXLEV se muestra a continuación: [20].



**Figura 2.7.** Método de localización Identidad de Celda, Avance de Tiempo y RXLEV

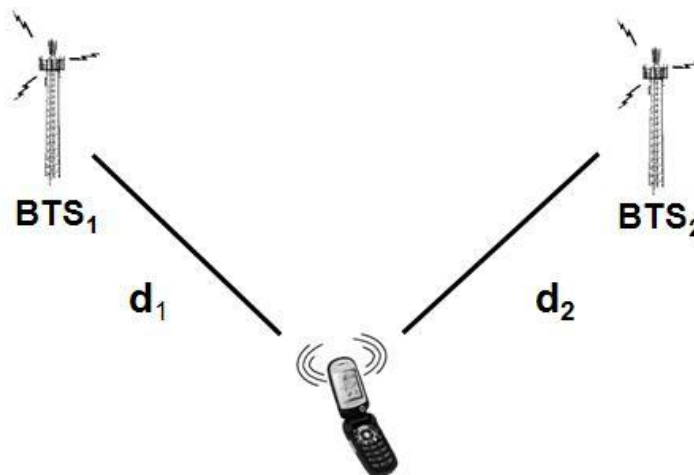


### 2.4.2. Métodos basados en la red.

#### 2.4.2.1. Método de localización Tiempo de Arribo/Diferencia de Tiempo de Arribo

El método de ubicación TOA (*Time of Arrival*) fue introducido en los estándares de GSM Rel'98 y Rel'99. En este método, el acceso aleatorio se descarga en el canal de acceso aleatorio desde las estaciones móviles, y es medido por LMUs en posiciones diferentes en la red. El móvil es creado para realizar un *handover* asíncrono y hacer usual el acceso aleatorio espontáneo.

Por lo tanto, si el móvil está en estado inactivo, un canal de señalización es abierto primeramente hacia él. En TOA, la diferencia en los valores TOA calculados por LMUs 1 y 2 en dos posiciones diferentes determinan la hipérbola:



**Figura 2.8.** Método de localización Tiempo de Arribo/Diferencia de Tiempo de Arribo

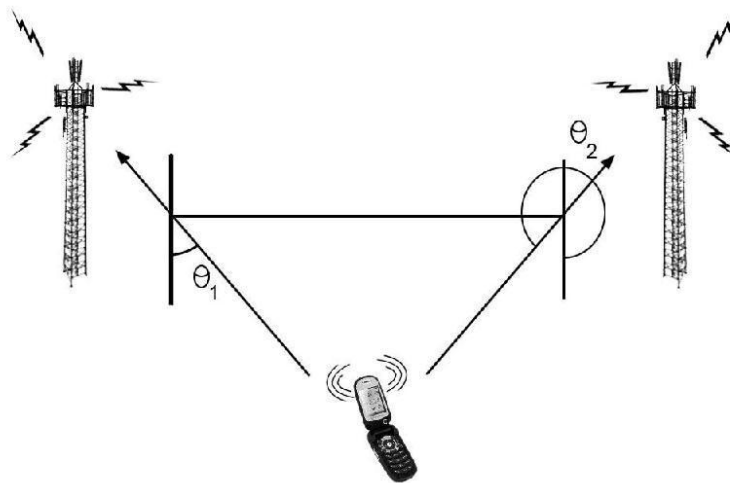
Donde  $d_1$  y  $d_2$  son la distancia desde la estación móvil a las LMUs 1 y 2 respectivamente. Luego, la estimación de ubicación se realiza de la misma manera que en E-OTD.

La exactitud de TOA es comparable con la de E-OTD. Requieren LMUs capaces de realizar mediciones TOA y un temporizador común en las LMUs, así que las mediciones TOA son comparables con todas las otras. La coordinación entre las estaciones base es necesaria para obtener las mediciones y estimar la

estación móvil cuando transmita señales. Esto significa que una señalización extra es generada. Además, la capacidad es limitada ya que muchas LMUs son requeridas para ubicar una estación móvil a la vez. TOA ofrece la posibilidad de ubicar cualquier móvil existente, que se traduce en que los requerimientos de exactitud no son tan estrictos como en métodos que requieren cambios en los móviles. Para las aplicaciones comerciales, las limitaciones de TOA de la misma manera que el coste de LMUs y los asuntos de capacidad, pueden limitar su atractivo. [21].

### 2.4.2.2. Método de localización Ángulo de Llegada

El método ángulo de llegada (AOA, *Angle of Arrival*, o DOA, *Direction of Arrival*) utiliza un rango de antenas para determinar el ángulo de la señal incidente. Si un terminal que transmite una señal está en la línea de visión directa (LOS, *Line Of Sight*), la antena en rango puede conocer de qué dirección viene la señal, midiendo la diferencia de fase a través del rango o la densidad espectral de potencia (mediante algoritmos de conformación digital de haz, "*digital beam forming*"). Para conocer la posición del dispositivo es necesaria al menos una segunda estimación del ángulo procedente de otra antena. La segunda antena localizará al terminal, y sus datos se compararán con los de la primera estación, para después calcular la posición del usuario mediante trigonometría (figura 2.9).

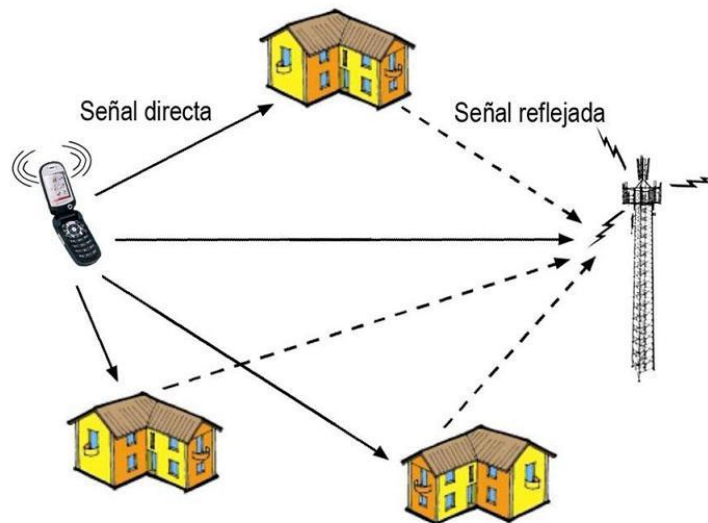


**Figura 2.9.** Método de localización Ángulo de Llegada (AOA)

En principio, sólo son necesarios dos grupos de antenas para estimar la posición del terminal móvil. Por este motivo, en el caso de la telefonía móvil, AOA puede resultar efectivo en entornos rurales, donde es complicado disponer de visión de tres estaciones base al mismo tiempo. En entornos urbanos suele ser imprescindible emplear más estaciones con el fin de obtener mayor precisión.

Los sistemas AOA deben diseñarse para tener en cuenta señales multitrayecto, aquellas que son consecuencia de una reflexión, y que, por tanto, llegan a la antena con otro ángulo. Además, las peculiaridades del diagrama de radiación de la antena y las posibles zonas de sombra pueden complicar el proceso de medida. Por otra parte, la instalación y alineación de las antenas en rango es un proceso costoso; una leve modificación en su orientación puede producir errores considerables en la estimación. [22].

### 2.4.2.3. Método de localización Huella multitrayecto (MF, *Multipath Fingerprint*)



**Figura 2.10.** Método de localización Huella Multitrayecto

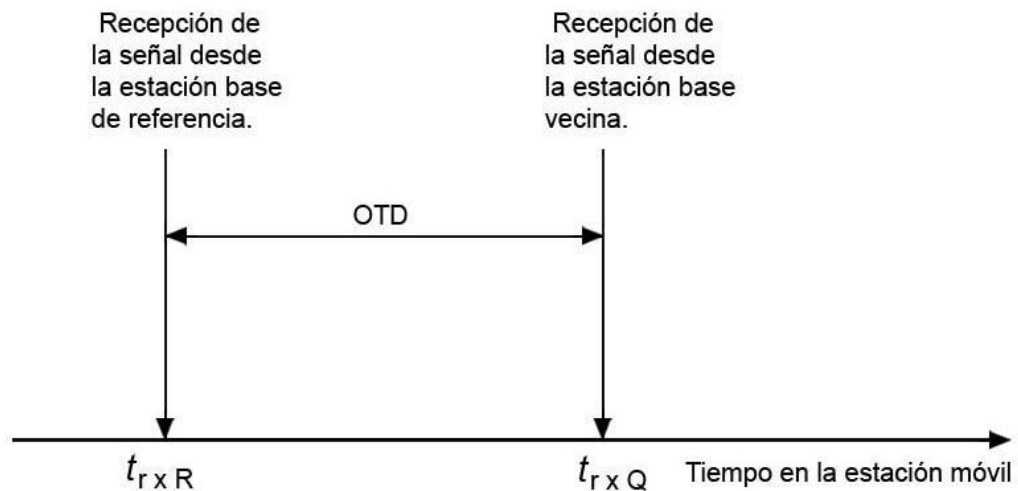
Dentro de las técnicas basadas en modificaciones de red está la huella multitrayecto. MF aprovecha una de las perturbaciones más molestas a la hora de localizar un terminal móvil: las señales multitrayecto. La huella multitrayecto (figura 2.10) caracteriza las señales que llegan desde diferentes localizaciones. Para ello, el operador debe enviar unidades de prueba a distintos lugares, con el fin de que las estaciones base

graben las huellas multitrayecto y creen una base de datos para efectuar comparaciones. La precisión depende del número de datos grabados en una determinada zona. El mayor inconveniente de este método es que, ante la variación del entorno (por ejemplo, ante la construcción de un nuevo edificio), la huella multitrayecto también cambiará y tendrá que ser regrabada. [23].

### 2.4.3. Métodos basados en la modificación del terminal móvil

#### 2.4.3.1. Método de localización Diferencia de Tiempo Observado Mejorado (E-OTD)

Como otros métodos de localización, E-OTD depende de las estimaciones de tiempo de las señales de radio celulares en la red GSM. En E-OTD la estación móvil estima la diferencia de tiempo entre las recepciones de las ráfagas transmitidas desde la estación base referencia y las de una estación base vecina, por ejemplo, la diferencia de tiempo observada  $OTD = tr \times N - tr \times R$ , cuando la estación móvil recibe señales en los momentos  $tr \times R$  y  $tr \times N$  desde la estación base referencia y la estación base vecina respectivamente.



**Figura 2.11.** Medición Básica E-OTD por una estación móvil

Normalmente la estación base referencia es la estación base servidora de la estación móvil, por lo que se espera que tenga la mejor conexión de radio. La estimación de OTD es repetida entre la estación base referencia y otras estaciones base vecinas con el objetivo de coleccionar un conjunto de estimaciones de OTD basadas en cuál ubicación puede ser estimada.

La razón por la que este método es llamado OTD mejorado es porque las especificaciones de GSM han incluido la característica de medición de OTD antes de cualquier soporte de ubicación. Sin embargo, esto es planeado para una entrega pseudo-sincrónica, y tiene una resolución de medición baja que es inadecuada para los propósitos de ubicación.

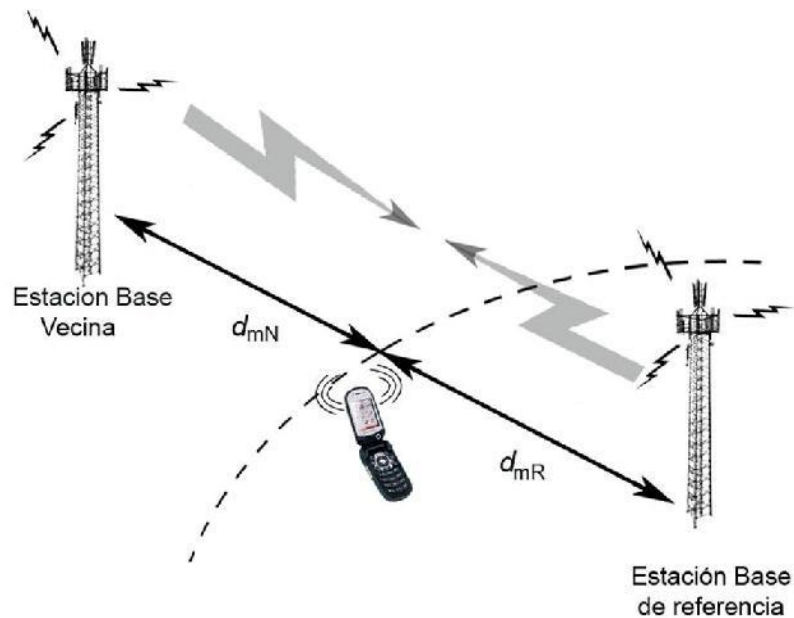
La ecuación básica para la localización E-OTD es **OTD = RTD + GTD**. OTD está compuesto de dos partes. El primero es llamado diferencia en tiempo real (RTD, *Real- Time Difference*), es la diferencia de sincronización entre la estación base referencia y la estación base vecina, por ejemplo, la diferencia relativa en los tiempos de transmisión de sus ráfagas. Si la estación base referencia transmite su ráfaga en el momento  $tt \times R$ , y la estación base vecina en el momento  $tt \times N$ , entonces **RTD =  $tt \times N - tt \times R$** .

Si las estaciones base están sincronizadas y transmiten al mismo tiempo, RTD es cero. La segunda parte de OTD es la diferencia de tiempo geométrico (GTD, *Geometric Time Difference*), describe la contribución de los diferentes tiempos de propagación (diferentes distancias) entre la estación móvil y dos estaciones base a OTD. GTD es la variable importante, ya que incluye la información actual sobre la ubicación:

**GTD =  $[dmN - dmR]/c$**  (figura 2.12).

Aquí **dmN** es la distancia entre la estación móvil y la estación base vecina, **dmR** es la distancia entre la estación móvil y la estación base referencia y **c** es la velocidad de las ondas de radio. Con el método de E-OTD, los procedimientos OTD de la estación móvil, y asumiendo que RTD es conocido, es posible determinar GTD. Geométricamente, GTD define un conjunto de puntos en el plano, que tienen la propiedad de que la diferencia de distancia de tal punto al vecino y las estaciones base referencia, respectivamente, es constante e igual a **GTD x c**. Pero esto no es nada más que una definición de una hipérbola que tiene sus enfoques en las posiciones de las dos estaciones base. Por lo tanto, un valor de GTD limita la posible ubicación para la estación móvil observando un valor constante de OTD entre las dos estaciones base para estar sobre una hipérbola. Cuando al menos dos hipérbolas son obtenidas, la ubicación aproximada puede ser encontrada en su intersección. En algunos casos, dos hipérbolas pueden

tener dos intersecciones. Entonces una solución única requiere una hipérbola adicional, u otra información adicional (por ejemplo el área de cobertura de la celda referencia) es requerida para seleccionar una de las intersecciones.

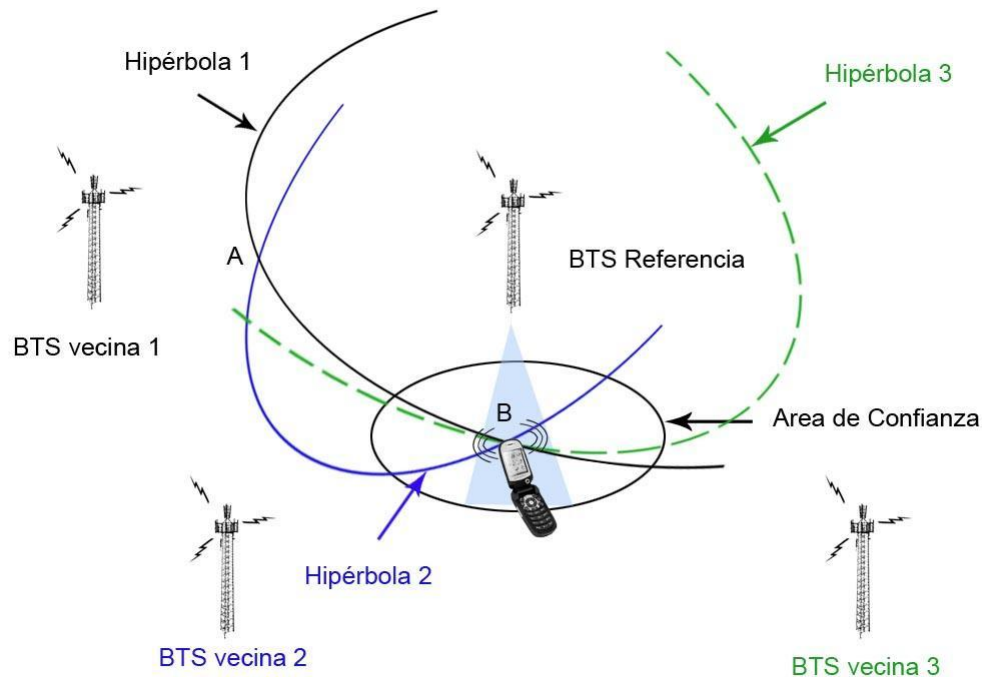


**Figura 2.12.** Diferencia de tiempo geométrico

En la **figura 2.13** se demuestra lo planteado. Si solo las hipérbolas 1 y 2 están disponibles, hay dos intersecciones posibles, A y B. Añadiendo la hipérbola 3 es evidente que la intersección B es la respuesta correcta. Si la hipérbola 3 no existe, entonces la información sobre el área de cobertura de la estación base referencia (el área azul) puede ser usada para seleccionar la intersección B.

Los reportes de la estación móvil junto con las mediciones de OTD y las estadísticas de calidad relacionadas con cada medida usando el protocolo LCS de recurso de radio estandarizado (RRLP, *Radio Resource LCS Protocol*), que son el número de las mediciones de OTD simples para cierto par de estaciones base, y su desviación típica, pueden ser usados en el cálculo de ubicación para estimar la confiabilidad de cada hipérbola y formar un área de confianza. Típicamente, el área de confianza para E-OTD es una elipse que describe una área dentro de la que la estación móvil está ubicada con cierta probabilidad (por ejemplo. 90%).

E-OTD requiere los valores RTD conocidos. Una posibilidad es que la red entera sea sincronizada, entonces los valores RTD son siempre cero. Una aproximación más práctica es calcular o estimar los RTDs. Acorde a los estándares GSM, los valores RTD pueden ser estimados usando LMUs.



**Figura 2.13.** Estimación de la localización basada en hipérbolas

Los valores RTD pueden ser calculados mediante la ecuación:  $RTD = OTD - GTD$ , donde OTD es estimado mediante LMU y GTD puede ser calculado desde las coordenadas conocidas del LMU y las estaciones base. De acuerdo con las especificaciones GSM, un LMU puede añadir además al reporte de estimación el tiempo absoluto (AT, *Absotute Time*) de la última estimación desde la estación base referencia. Cuando esto es finalizado, los valores RTD pueden ser llamados valores de diferencia de tiempo absoluta (ATD, *Absolute Time Difference*). El tiempo absoluto es dado usando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) como temporizador de referencia, el LMU necesita tener disponible el temporizador GPS.

El reporte de estimación de tiempo absoluto permite la comparación de las dimensiones desde diferentes LMUs directamente si todas las LMUs tienen un temporizador GPS común de referencia. Esto permite, dependiendo de la implementación, un procedimiento de cálculo más sencillo. Usando AT se permite a las

LMUs usar solo la antena interna que produce señales solamente desde los sectores BTS del sitio donde la LMU está situada. Esta instalación requiere una LMU en cada sitio de BTS, pero evita usar antenas externas receptoras para LMUs que requieren usualmente un mayor y caro trabajo de instalación.

Las aproximaciones mencionadas anteriormente de definición de hipérbolas para la estimación de ubicación desde la capacidad OTD son llamadas E-OTD hiperbólica. Otra posibilidad mencionada en las especificaciones GSM es la llamada E-OTD circular. La ecuación para cada estación base es:

$$dbM - dbL = c*(trxM - trxL + toffset)$$

Donde **dbM** y **dbL** son las distancias desde la estación base a la estación móvil y la LMU respectivamente, **trxM** es el tiempo de recepción de una señal desde la estación base a la estación móvil, y **trxL** es el tiempo de recepción de una señal desde la estación base a la LMU, **trxM** y **trxL** son calculadas contra el reloj interno de la estación móvil y la LMU, y existe normalmente el (*toffset*, *time offset*) balance de tiempo entre estos relojes.

La estación móvil y la LMU necesitan calcular por lo menos tres estaciones base por lo que es posible resolver la localización de la estación móvil y el balance de tiempo desconocido. Esta aproximación es llamada circular, desde que se resuelve un grupo de al menos tres ecuaciones, las distancias entre la estación móvil y las estaciones base es conocida, estableciendo círculos alrededor de las estaciones base a definir. Luego, la estimación de localización del móvil puede ser encontrada en la intersección de los círculos. En la práctica, el E-OTD circular usa la misma extensión OTD reportada por la estación móvil y las LMUs como el E-OTD hiperbólico, y es posible obtener de un grupo de ecuaciones circulares las ecuaciones hiperbólicas.

Estas son dos variantes del método E-OTD definido en las especificaciones de GSM: E-OTD asistido por estación móvil y E-OTD basado en estación móvil. En el primer caso, el SMLC envía una petición para las dimensiones OTD hacia la estación móvil, la estación móvil puede informar los llamados valores OTD esperados, que son estimados de los valores OTD relativos a la estación base referencia. La intención es ayudar a la estación móvil a realizar dimensiones dando a la misma ideas cuando las señales de las estaciones base vecinas llegan. Cuando la estación móvil ha realizado las mediciones OTD, las reporta al SMLC, que calcula la ubicación estimada. En el E-OTD basado en estación móvil el móvil realiza la estimación de localización usando una coordinación de la estación base y los valores RTD recibidos



desde la red. La estación móvil puede obtener esta información de la petición E-OTD, específicamente por la solicitud de la información o por las fuentes de transmisión.

E-OTD requiere la estación móvil para soportar la funcionalidad de medición necesaria. En la práctica, esto puede hacerse en una estación móvil GSM actual con solo unos cambios de software. Esta es la razón por la cual E-OTD es vista como un buen candidato a grandes propósitos de localización ya que es fácil de incluir en todas las estaciones móviles.

La exactitud de E-OTD varía según el ambiente, el número de hipérbolas, etc. Por ejemplo, en un área urbana, 67% de exactitud es aproximadamente 200m con dos hipérbolas, y aproximadamente 100m en un área rural. Algunas pruebas indican 67% de exactitud para 50 a 150m, según el ambiente y el lugar.

La exactitud de ubicación de E-OTD depende de muchos factores, la calidad de las mediciones en la estación móvil y la LMU es uno de ellos, otro es el ambiente físico. La propagación múltiple puede reducir la exactitud. El número de las diferentes áreas de las estaciones base que la estación móvil puede recibir determina el número de hipérbolas disponibles, mientras más hipérbolas más exactitud. Una pobre geometría de las estaciones base relativas a la estación móvil atentan contra la exactitud. Un número insuficiente de LMUs significa que no existe información RTD completa lo que hace peor la exactitud. Es extremadamente importante tener disponible la información de red correcta y actualizada para una buena exactitud. Imprecisiones en la estación base causan inexactitud, e identidad incorrecta de la estación base e información de canal pueden acarrear una mal identificación de las estaciones base. [24].

### **2.4.3.2. Método de localización Sistema de Posicionamiento Global (*Global Positioning System, GPS*)**

El Sistema de Posicionamiento Global es un sistema de radionavegación mundial que emplea al menos tres de los satélites que rodean la Tierra en órbitas conocidas para fijar la posición de una unidad móvil. En la actualidad existe una única constelación de satélites que permite realizar este proceso: la NAVSTAR (*Navigation Satellite Timing and Ranging*), formada por 24 satélites activos más cuatro de reserva y mantenida por el gobierno estadounidense. La Federación Rusa posee la constelación Glonass (*Global Orbiting Navigation Satellite System*), que totalmente desplegada constaría de 24 satélites en tres planos orbitales, con 8 satélites por plano, pero al no estar operativos todos los satélites Glonass únicamente se

utiliza como complemento a NAVSTAR. Por otra parte, la Agencia Espacial Europea tenía como objetivo tener operativo el proyecto Galileo en el año 2008. Este es una versión modernizada de GPS.

El sistema GPS está formado por tres segmentos o áreas: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento de usuario. El primero engloba los satélites del sistema, el segundo abarca las infraestructuras terrestres necesarias para el control de la constelación de satélites. Por último, el segmento de usuario está constituido por los equipos de recepción y el software de procesado de señales. NAVSTAR produce dos tipos de señales: una de uso militar, muy precisa, y otra de libre uso a la que las estaciones de tierra introducen un error aleatorio controlado.

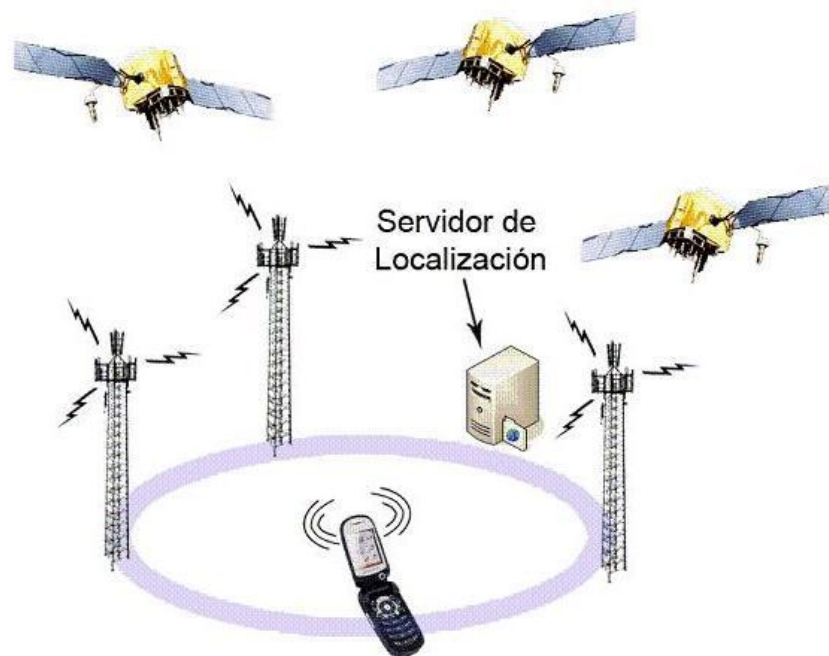
El fundamento de la localización con GPS es la triangulación, cálculo de la distancia de un punto terrestre a tres o más satélites con posición perfectamente conocida. Este proceso se realiza midiendo el tiempo que tarda en llegar la señal del satélite al dispositivo receptor. Con el fin de recibir las señales de los satélites GPS la estación móvil ha de tener un módulo receptor específico (hardware y software) que sea capaz de captar varias señales de satélite, calcular su posición utilizando una marca de tiempo y la descripción del satélite recibida, y en su caso, informar a la red. La introducción del módulo hace que el móvil aumente su tamaño y peso y lo encarece debido a los componentes incluidos y al mayor consumo. Sin embargo, este aumento de coste se está viendo atenuado en los últimos tiempos debido a que la tecnología de receptor GPS se ha abaratado.

A pesar de la buena precisión que ofrece (de 5 a 20 metros), GPS tiene el inconveniente de que la señal de satélite en ciudad se ve atenuada por los edificios. El receptor necesita una línea de vista directa a los satélites. Además, puede sufrir un retraso relativamente largo en la recepción de las señales.

La precisión puede ser aún mejor (de 1 a 5 metros) si se emplea GPS diferencial (DGPS). Este sistema utiliza para el cálculo de posición la señal de los satélites y la información proveniente de una o más estaciones de coordenadas conocidas. Las estaciones de referencia transmiten las correcciones que calculan constantemente comparando su posición obtenida mediante los satélites con sus coordenadas reales.

### 2.4.3.3. Método de localización Sistema de posicionamiento global asistido (A-GPS, *Assisted Global Positioning System*)

La "asistencia" que este sistema proporciona respecto al GPS tradicional radica en el uso de receptores de referencia. Estos receptores recogen información de navegación y datos de corrección diferencial para los satélites GPS que están en la zona de cobertura del servidor de localización. A partir de la información obtenida, el servidor de localización facilita bajo demanda datos de interés a los terminales móviles, principalmente una lista con las efemérides de los satélites (órbitas re-calculadas con los datos de corrección suministrados por las estaciones de tierra) visibles para el terminal. Los datos, que se introducen en un pequeño mensaje de unos 50 bytes, son todo lo que el móvil necesita saber para completar los datos GPS recibidos. El servidor de localización puede también tener acceso a una base de datos de elevaciones del terreno que permite precisar la altitud a la que se encuentra el terminal móvil, efectuando de esta manera una localización en tres dimensiones. En la siguiente figura se puede observar el proceso de localización mediante GPS asistido efectuado por un sistema comercial.



**Figura 2.14.** Sistema de localización comercial mediante A-GPS y Cell ID

Se trata de una solución híbrida que combina GPS con identificación celular. A-GPS también se utiliza con E-OTD en caso de redes CDMA.

- 1- El terminal lanza una petición de localización.
- 2- El servidor de localización emplea información de identificación de celda extraída por la red celular para proporcionar al móvil los satélites GPS que ha de escuchar.
- 3- El sistema de posicionamiento GPS reúne información sobre la posición del terminal.
- 4- La información procedente del sistema GPS se combina con diferentes medidas efectuadas por la red celular y se envían al servidor de localización.
- 5- Las coordenadas exactas se transmiten al terminal, a otro operador de telefonía móvil o a otro LBS.

El GPS asistido es, por tanto, aplicable tanto a redes síncronas como a redes asíncronas (es soportado por GSM, GPRS, UMTS y CDMA). Pero incluso con esta mejora, los sistemas GPS siguen teniendo el problema del bloqueo de la línea de vista directa por obstáculos como edificios.

De todas maneras, tanto el GPS convencional como el A-GPS necesitan que los usuarios adquieran terminales compatibles, lo que significa que si las operadoras adoptan este sistema se tardará algún tiempo en crear una masa crítica de potenciales consumidores. [25].

#### **2.4.4. Técnicas Híbridas**

Existen también técnicas “híbridas”, las cuales resultan de combinar algunas de las anteriores. Estas técnicas mejoran la precisión sin modificar notablemente las características de coste y complejidad. Así, es posible implementar un sistema híbrido que adopte la estimación mediante AOA para cada estación base y las estimaciones TDOA para estaciones múltiples. Es frecuente, asimismo, la combinación de E-OTD con A-GPS. También resulta viable una combinación de AOA y TOA, procedimiento que determina la posición con una única estación base.

### **2.5. Conclusiones**

En este capítulo se hizo un estudio del proceso de localización viendo aspectos fundamentales del mismo como su arquitectura y administración. Para realizar de forma exitosa una buena ubicación existen diferentes métodos de los cuales se explicó su funcionamiento y las distintas formas en las que se pueden clasificar acorde a las modificaciones que conlleven en su implementación.

### CAPÍTULO 3: PROPUESTA PARA LA RED GPRS EN CUBA

#### **3.1. Introducción**

En el capítulo anterior se vieron diversos aspectos importantes en cuanto al proceso de localización, su arquitectura y funcionalidad en general. También se trataron con profundidad los principales métodos de ubicación que se emplean en el mundo actual, para en esta sección, hacer un cuidadoso estudio de la factibilidad de uso de cada uno de ellos en Cuba, y terminar con la propuesta del que más se adecue a la situación económica del país y a las condiciones de la red nacional actual. Además se analizarán las mejoras más importantes que esta red le ofrece a los servicios de localización que se pueden prestar con el método escogido.

#### **3.2. Necesidad de proponer un método de localización ajustable a las condiciones económicas y materiales de Cuba**

El intenso crecimiento que ha tenido el mundo de la telefonía móvil en Cuba ha posibilitado que en la actualidad se piense en incrementar y explotar las diversas prestaciones que esta tecnología brinda, pasando de la ya reconocida transmisión de voz a la naciente y grandiosa transferencia de datos. Dentro de la inmensa oferta que brindan los servicios de datos se puede mencionar, ya sea por la información que entrega a los usuarios como por su atractivo, el servicio de localización, el cual presenta una enorme importancia tanto en el uso privado como en el uso profesional que muchos hacen de él.

En los últimos años este servicio ha sido una de las principales fuentes de desarrollo en las que se han centrado los operadores de equipos móviles, permitiendo innumerables aplicaciones beneficiosas para los usuarios, dígase de información, rastreo, selección de rutas y gestión de recursos. Para hacer posible que los clientes de nuestro país cuenten con estas prestaciones, en el capítulo anterior se analizó el funcionamiento y las principales características de los métodos de localización que más se utilizan en el mundo actual.

La precisión, el coste y la dificultad de implementación son parámetros que se deben tener muy presentes a la hora de decidirse por una u otra opción, es por eso que a continuación se expondrá detalladamente la

factibilidad de uso de cada uno de las técnicas de localización acorde a la situación económico-geográfica del país.

### **3.3. Análisis de la factibilidad de aplicación en Cuba de los métodos de localización.**

#### **3.3.1. Identidad de Celda (CI)**

El inconveniente de este método, el cual se explicó con mayor profundidad en el capítulo anterior, es que la precisión ofrecida es muy baja, sobretodo en entornos no urbanos. La exactitud de este método depende del radio de la celda, que puede variar de 150 metros en zonas urbanas a más de 4 Km en zonas rurales. Por su escasa precisión, inversamente proporcional al tamaño de la celda, no es adecuada para la mayoría de servicios de localización demandados, especialmente el de emergencias, aunque si es capaz de ofrecer una buena orientación geográfica al usuario y se puede utilizar como base para otras implementaciones. Esta técnica está disponible sin realizar ninguna inversión ni modificación en los sistemas celulares actuales, lo cual constituye su principal ventaja a la hora de tenerla en cuenta para su utilización. Corresponde a la primera aproximación geográfica del móvil, conocida el área geográfica de cobertura de cada celda, la posición del terminal móvil se obtiene mediante la identidad de la celda en la que se encuentra. [26].

#### **3.3.2. Identidad de Celda y Avance de Tiempo (CI + TA)**

Este método, mejora considerablemente las prestaciones de CI, no ofrece la exactitud que quizás muchos usuarios deseen, pero es capaz de brindar una información de ubicación relativamente alta para servicios de orientación geográfica. Posee el inconveniente, al igual que el de CI, de que su precisión dependerá en gran medida del tamaño de la celda por lo que en zonas rurales suele ser bastante inexacto.

Su principal ventaja radica en que su disponibilidad es excelente además de no conllevar ningún tipo de modificación en la red ni en los terminales móviles. [27].

#### **3.3.3. Identidad de Celda, Avance de Tiempo y RXLEV (CI + TA + RXLEV)**

Este método como ya se explicó anteriormente calcula las coordenadas de los terminales combinando CI, TA y las mediciones de la fuerza de las señales recibidas por el terminal móvil. Su principal deficiencia está en que son necesarias al menos tres estaciones base relativamente cercanas para, luego de haber

realizado las respectivas mediciones entre éstas y el móvil, poder hacer coincidir, de forma eficiente, las tres circunferencias de estimación que brindan cada una de las antenas. Además, depende de la posición recíproca entre el terminal y la estación base desde donde la señal fue transmitida.

### 3.3.4. Tiempo de Arribo/Diferencia de Tiempo de Arribo (TOA/D-TOA)

Desde el primer momento en que se analiza el funcionamiento de este método se puede apreciar fácilmente la complejidad y la cantidad de requisitos que el mismo impone. Primeramente se debe contar con tres estaciones base para realizar las mediciones necesarias las cuales son muy difícil de encontrar en zonas rurales de nuestro país donde la utilización del servicio de comunicación inalámbrica es escaso.

Por otra parte, para que este método ofrezca buenos resultados es necesaria una absoluta coordinación entre las estaciones base pues como se explicó en el capítulo anterior se basa en la medición del tiempo de propagación de la señal entre éstas y el terminal móvil. El hecho de tener que distribuir y mantener en la unidad móvil la señal de reloj encarece el sistema, por lo que se suele disminuir la sincronización con el consecuente deterioro de la precisión. Un problema de este sistema es que es necesario conocer el tiempo de procesado de la señal en el terminal.

Otra desventaja que presenta es que ante la ausencia de visión directa entre el terminal y el transceptor se tienen falsas estimaciones. La precisión de esta técnica depende de la exactitud con la que esté sincronizada la red sobre la que trabaja, por ejemplo, GPS puede ofrecer precisiones del orden de 10 metros mientras que el sistema celular alcanza precisiones de cómo máximo 100 metros en entornos urbanos. Una inexactitud de sólo  $1\mu\text{s}$  puede introducir errores en la posición hasta de 300 metros. [28].

Resumen	
<b>Disponibilidad</b>	LOS
<b>Precisión</b>	Depende de la red
<b>Impacto en el móvil</b>	No
<b>Impacto en la red</b>	Sincronismo

**Tabla 1.** Resumen características TOA



### 3.3.5. Método de ángulo de llegada (AOA)

El método de ángulo de llegada a pesar de no ofrecer una buena precisión a la hora de localizar un móvil también presenta diversas características que lo convierten en un método realmente caro y de un cuidado excesivo en su sistema en general.

Una de las principales deficiencias que presenta a la hora de pensar en su utilización en nuestro país es el empleo de antenas multiarray, las cuales son muy costosas en el mercado mundial y que precisarían de modificaciones en la infraestructura de la red nacional.

Por otra parte requiere dos antenas como mínimo para estimar la posición, además de que el terminal transmisor se encuentre en línea de visión directa con una de estas. Este sistema también se debe diseñar teniendo en cuenta señales multitrayecto, las cuales llegan a la antena con un ángulo erróneo y como consecuencia se precisaría la utilización de una tercera antena para solucionar este problema.

Conjuntamente, la alineación de este tipo de antenas es un proceso complicado y caro, y una leve modificación en su orientación, por ejemplo: debido al viento o tormentas, puede producir errores considerables en la estimación de la posición, ya que ésta se efectúa en base a ángulos absolutos respecto a la antena, además la resolución empeora a medida que aumenta la distancia del terminal a ésta. [29].

	Resumen
<b>Disponibilidad</b>	No disponible sin modificar las antenas
<b>Precisión</b>	Depende de la distancia y del No. de antenas involucradas
<b>Impacto en el móvil</b>	No
<b>Impacto en la red</b>	Antenas Multiarrays

**Tabla 2.** Resumen características AOA.

### 3.3.6. Huella multitrayecto (MF)

A primera vista este método no proporciona grandes dificultades como los de AOA o TOA vistos anteriormente pero si requiere de una gran precisión y de tecnología muy efectiva a la hora de ubicar y almacenar las distintas vías por las que puede transitar la señal. Su principal desventaja y lo que lo convierte un método relativamente costoso es que es sumamente sensible a cualquier modificación que se realice en el entorno, ya sea la construcción de una edificación, el paso de un fenómeno natural, etc., por lo que la huella multitrayecto variará y tendrá que ser re-calculada lo que conllevaría un proceso bastante costoso de nuevas pruebas y la respectiva actualización de las bases de datos.

Los algoritmos basados en este método no son adecuados en entornos altamente variables, en los que las condiciones de operación pueden ser muy distintas a las existentes en la fase de entrenamiento, lo que resulta poco fiable para su aplicación. [30].

Resumen	
<b>Disponibilidad</b>	Local
<b>Precisión</b>	Depende de la resolución de la cuadrícula
<b>Impacto en el móvil</b>	No
<b>Impacto en la red</b>	No

**Tabla 3.** Resumen Características MF

### 3.3.7. Diferencia de Tiempo Observado Mejorado (E-OTD)

La precisión del sistema E-OTD es limitada por dos factores: la precisión del paso de sincronización, que también el teléfono celular puede medir el tiempo; el reloj es preciso en el orden de 1  $\mu$ s, lo cual es equivalente asumiendo el recorrido de ondas de radio a la velocidad de la luz, a 300 m. El segundo es la habilidad de un teléfono celular de recibir señales desde numerosas antenas aunado con su capacidad de cómputo en el uso de mediciones para obtener la ubicación. Requiere una modificación de software en el terminal del usuario, en orden de ejecutar los algoritmos, los terminales que facilitan el E-OTD necesitan

procesamiento adicional, además de capacidad de memoria superior. Para una asignación correcta de los segmentos de tiempo, el teléfono celular debe estar sincronizado con la BTS correspondiente. [31].

### **3.3.8. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)**

Este método es el más exacto en los cálculos de posicionamiento hoy en día, pero para lograr esa gran precisión necesita poner en funcionamiento al menos 3 satélites de los que rodean la tierra. Con el fin de recibir las señales de los satélites GPS la estación móvil ha de tener un módulo receptor específico (hardware y software) que sea capaz de captar varias señales, calcular su posición utilizando una marca de tiempo y la descripción recibida, y en su caso, informar a la red. La introducción del módulo hace que el móvil aumente su tamaño y peso y lo encarece debido a los componentes incluidos y al mayor consumo. A pesar de la buena precisión que ofrece, de 5 a 20 metros, GPS tiene el inconveniente de que la señal de satélite en ciudades se ve atenuada por los edificios ya que el receptor necesita estar en la línea de visión directa. Además, puede sufrir un retraso relativamente largo en la recepción de las señales.

### **3.3.9. Sistema de Posicionamiento Global Asistido (A-GPS)**

Incluso con la mejora que ofrece este método a GPS, explicada en el capítulo anterior, sigue teniendo el problema del bloqueo de la línea de visión directa por obstáculos como edificios, la precisión en interiores es mala, posee el inconveniente del costo de los componentes del terminal y el consumo al igual que GPS. Tanto el GPS convencional como el A-GPS necesitan que los usuarios adquieran terminales compatibles, lo que significa que si las operadoras adoptan este sistema se tardará algún tiempo en crear una masa crítica de potenciales consumidores.

Existen además, otros problemas que lo hacen inapropiado para el posicionamiento móvil:

- Un tiempo elevado para captura inicial, una unidad de GPS puede tomar varios minutos para adquirir-rastrear los satélites.
- Baja sensibilidad a atenuaciones de la señal, bloqueo; una unidad de GPS no da resultados precisos o alguno en ambientes donde la señal del GPS es débil.

- Interferencia de caminos múltiples, ocurre cuando las señales se refractan, arriban desfasadas, entonces se cancelan con la original; varias unidades de GPS tienen hasta 12 receptores de señales en paralelo para minimizar este efecto.
- Ineficiencia de potencia, el GPS mantiene un rastreo continuo de todos los satélites visibles, también existe sobrecalentamiento al tener 12 receptores en paralelo. Para algunos usuarios, este consumo de potencia puede sobrepasar los beneficios de contar con posicionamiento basado en terminal. [32].

### **3.4. Propuesta de una técnica de localización para la red GPRS de Cuba.**

Luego de haber visto y analizado detalladamente las desventajas y beneficios de cada uno de los métodos de localización más utilizados en el mundo hoy en día, se propone una técnica que se ajusta perfectamente a las condiciones económico-geográficas del país, la de Identidad de Celda (CI) utilizando el parámetro Avance de Tiempo (TA).

A continuación, se explicará brevemente el proceso de re-selección de celda en GPRS y luego se puntualizarán detalles del parámetro avance de tiempo con el objetivo de facilitar la comprensión de la mejora que imprime GPRS a los servicios brindados utilizando este método.

#### **Re-selección de celda**

La re-selección es hecha cuando la estación móvil es encendida. En GPRS, la re-selección en estado inactivo es realizada autónomamente por la estación móvil. En el modo de transferencia de paquetes GPRS, el mecanismo de re-selección depende del modo operacional de la red. Existen tres tipos de modos de control de red: NC0, NC1 y NC2. En NC0, la estación móvil realiza la re-selección de celda autónomamente como en el modo inactivo. En NC1, la estación móvil también lleva a cabo la re-selección autónomamente pero además, envía informes de medición a la red periódicamente.

Los informes de medición son análogos a los enviados cada 0,48 segundos en voz y conexiones de datos por conmutación de circuitos. En NC2, la estación móvil envía informes de medición periódicamente y en adición, la red envía comandos de re-selección a la estación móvil, así que la red tiene control sobre el proceso de re-selección de celda.

Este control de re-selección por parte de la red puede ser usado en GPRS. La red puede ordenar a las estaciones móviles enviarle reportes de medición y suspender su re-selección de celda normal. Esto es aplicable al modo inactivo y al modo de transferencia de paquetes. [36].

La re-selección de celda involucra procedimientos de la red que comienzan cuando un terminal GPRS deja de recibir datos desde la celda servidora actual y finalizan cuando continúa la recepción de datos en una nueva celda. Los efectos principales de la re-selección de celda son el período de suspensión del servicio y la potencial pérdida de paquetes. La demora de re-selección de celda depende de las características GPRS en uso, las más relevantes son:

- Canal de Control de Difusión de Paquetes (PBCCH, *Packet Broadcast Control Channel*). El terminal GPRS tiene que escuchar el canal de difusión de celda y esperar mientras todos los mensajes de información del sistema necesarios han sido recibidos antes de acceder a la nueva celda. Con PBCCH, es posible además utilizar el procedimiento de Paquete de Estado de Información de Sistema (PSI), el cual permite a la estación móvil acceder a la celda tan pronto como la estación móvil haya recibido un mínimo número de parámetros con el resto de la información del sistema enviada a la estación móvil sobre el Canal de Control de Paquetes Asociados (PACCH, *Packet Associated Control Channel*).
- Cambio de Celda Asistido por la Red (NACC, *Network Assisted Cell Change*). Es una mejora que eliminó la necesidad de recibir mensajes de información del sistema sobre canales de difusión. Luego de este procedimiento, el terminal GPRS recibe los mensajes de información del sistema directamente desde la celda servidora antes de cambiar a una nueva celda.

La mayoría de proveedores GSM no implementan PBCCH en sus primeros lanzamientos de GPRS. La duración de la suspensión de re-selección de celda medida en redes sin PBCCH o NACC es muy aleatoria. Re-selección de celda es definida como el tiempo desde que el Canal de Control de Difusión (BCCH, *Broadcast Control Channel*) es detectado desde la nueva celda hasta que la estación móvil recibe nuevos datos en la nueva celda. Algunas re-selecciones de celda involucran procedimientos de administración de localización, ej: Actualización de Área de Direccionamiento (RAU, *Routing Area Update*), antes de que la transmisión de datos pueda ser reiniciada en la nueva celda. [37].

### Avance de tiempo

El procedimiento avance de tiempo es utilizado para derivar el valor correcto para el avance de tiempo que la estación móvil debe usar para la transmisión. El procedimiento de avance de tiempo comprende dos partes:

- Estimación inicial de avance de tiempo.
- Actualización de avance de tiempo ininterrumpida.

La estimación inicial de avance de tiempo está basada en la simple ráfaga de acceso obteniendo la petición de canal de paquete.

La asignación de enlace ascendente de paquete o la asignación de enlace descendente de paquete obtienen el valor de avance de tiempo estimado hacia la estación móvil. La estación móvil utiliza este valor para la transmisión ascendente hasta que la actualización de avance de tiempo ininterrumpida provee un nuevo valor.

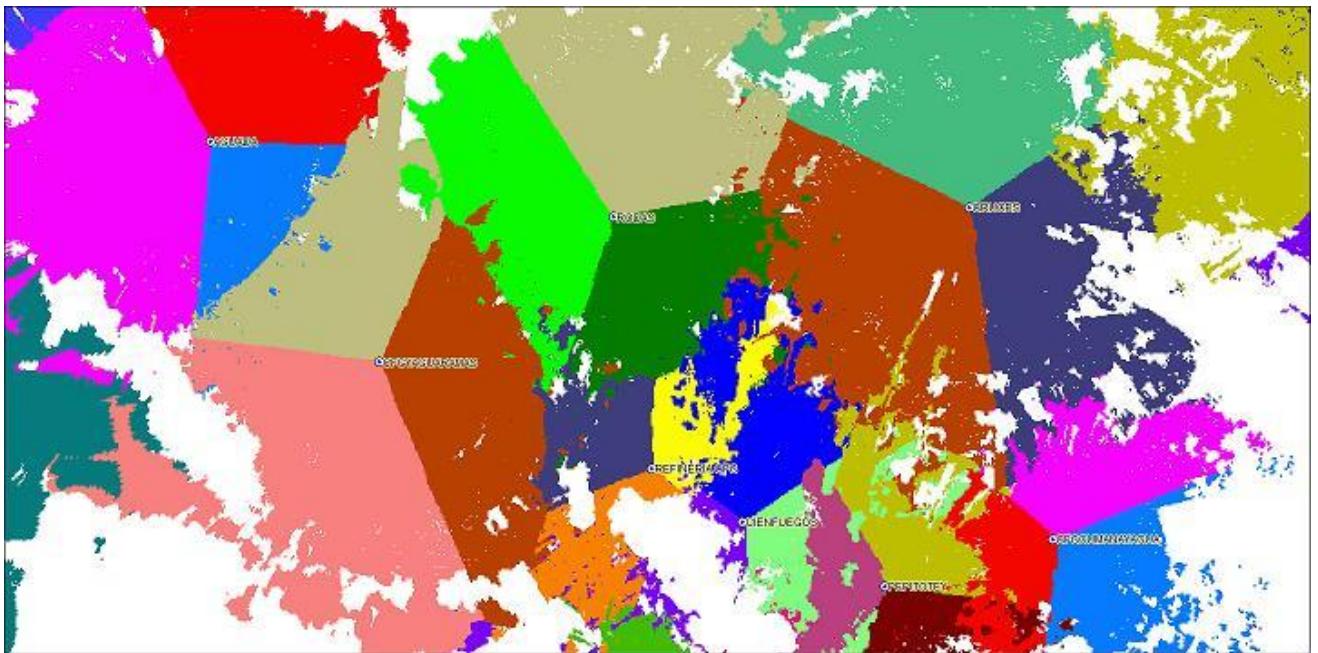
En el modo de transferencia de paquetes, la estación móvil utiliza el proceso de actualización de avance de tiempo ininterrumpida, este es obtenido en el Canal de Control de Avance de Tiempo de Paquete (PTCCH, *Packet Timing Advance Control Channel*) ubicado en la estación móvil. Para la transferencia de paquetes en enlace ascendente, dentro de la asignación de enlace ascendente de paquete, y la transferencia de paquetes en enlace descendente, dentro de la asignación de enlace descendente de paquete, la estación móvil asigna el índice de avance de tiempo y el PTCCH. El índice de avance de tiempo especifica el sub-canal PTCCH usado por la estación móvil. En enlace ascendente, la estación móvil envía la ráfaga de acceso PTCCH asignada, la cual es usada por la red para derivar el avance de tiempo. La red analiza la ráfaga de acceso y determina un nuevo valor de avance de tiempo para todas las estaciones móviles llevando a cabo la actualización de avance de tiempo ininterrumpida sobre ese PTCCH. [38].

La elección de este método para una futura aplicación en Cuba es realmente interesante si se analizan algunos de los principales factores que se deben considerar a la hora de decidirse por una u otra opción: precisión, coste, dificultad de implementación, calidad del servicio a brindar.

## CAPÍTULO 3: PROPUESTA PARA LA RED GPRS EN CUBA

---

Esta técnica posee una precisión relativamente buena teniendo en cuenta el futuro uso que se hará de la misma en nuestro país (orientación geográfica) y de la ya existencia en todo el territorio nacional de antenas sectorizadas, las cuales al reducir en un tercio el área de la posible ubicación del terminal, maximiza proporcionalmente la exactitud de información que dicho método pueda ofrecer al usuario final. Aisladamente se pueden encontrar algunas omnidireccionales, pero su presencia responde a una estrategia de reforzamiento de la señal a centros de gran interés los cuales precisan de mayor potencia de la misma y cuya cobertura no excede a los 200m, por tal hecho no se analizará como un inconveniente su utilización, solo que por tener menos de 500m y por ende no poderse aplicar el parámetro TA, se utilizará el método de Identidad de Celda puro. Lo anteriormente explicado se puede observar en la figura 3.1, donde se reflejan con claridad los tres sectores de cobertura de cada una de las estaciones base, en este caso pertenecientes a la provincia de Cienfuegos.



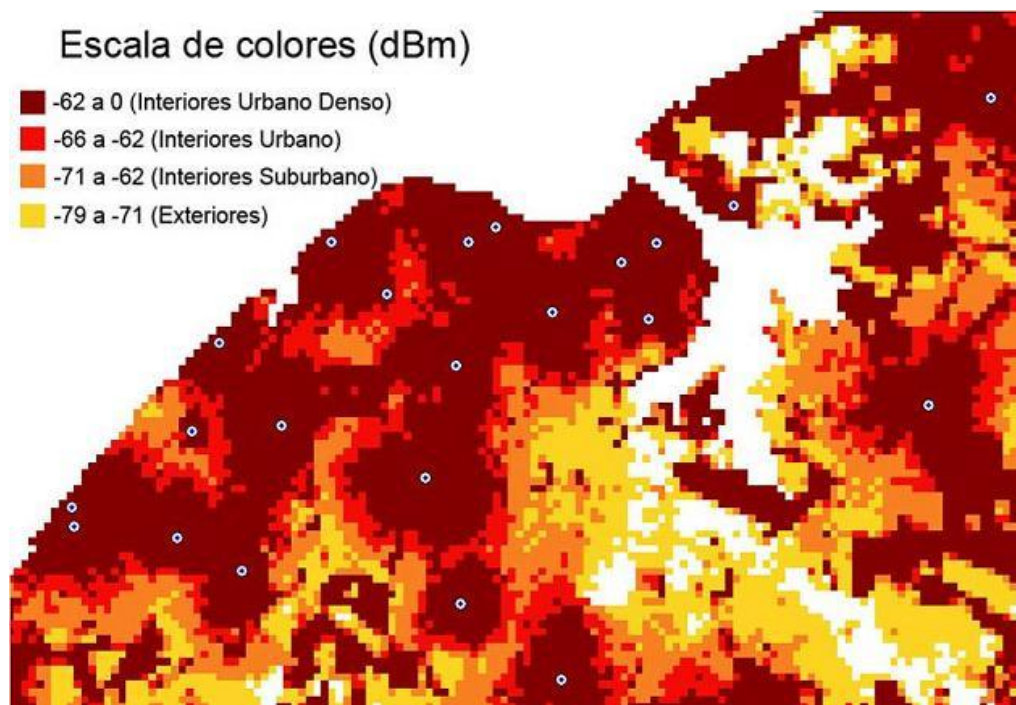
**Figura 3.1.** Sectores de cobertura, Cienfuegos, mayo 2009. [33].

Continuando con la precisión, se debe tener en cuenta que variará en la misma medida en que la distribución de las antenas cambie, por ejemplo, no se podrán encontrar la misma cantidad en una zona

urbana que en una rural, por lo que el tamaño de la celda de cobertura y por lo tanto el área de posible ubicación de un terminal móvil, podrá ser tan pequeña o tan grande como la misma lo precise.

En la siguiente figura se muestra la distribución de las estaciones bases correspondientes a Ciudad Habana, presenciándose una ubicación estratégica de cada una, que por su cercanía, permiten un óptimo rendimiento de la técnica propuesta.

En el mapa se observa una cobertura casi total del territorio muestreado, justificando un buen desempeño en la prestación de servicios en las zonas céntricas e importantes económicamente para el país, acaparando interiores y exteriores con muy pocas zonas de silencio o de cobertura ausente. Posee celdas que oscilan entre 300m y 4 km, las que por su reducido tamaño, en comparación con las de las demás provincias, y la sectorización de las antenas servidoras, conceden un notable incremento en la precisión de ubicación de la técnica en cuestión. Seguidamente se expone, en la figura 3.3, el mapa de cobertura correspondiente a la provincia de Cienfuegos.



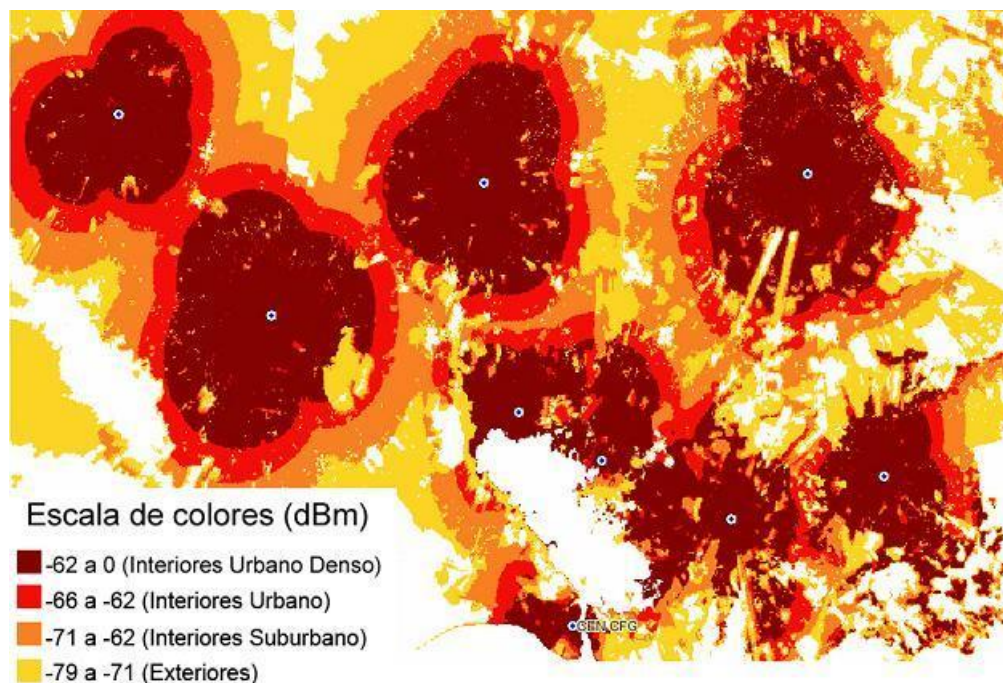
**Figura 3.2.** Mapa de cobertura celular, Ciudad Habana, mayo 2009. [33].



## CAPÍTULO 3: PROPUESTA PARA LA RED GPRS EN CUBA

Este territorio es uno de los menos poblados con estaciones base a nivel nacional, se evidencia la presencia de zonas de silencio mayores, pero se encuentra asegurada la cobertura a los municipios o ciudades principales de la provincia, las cuales poseen la mayor concentración poblacional y reúnen la mayoría de instalaciones estatales, turísticas y parte de la autopista nacional, haciendo posible la llegada de los servicios móviles a estas regiones priorizadas. De acuerdo a la distribución de las antenas servidoras y a la cobertura generada por cada una de ellas, de 9 a 13 km aproximadamente, es posible lograr, en conjunto con la sectorización de las mismas, una precisión aceptable y funcional para el servicio de orientación geográfica a brindar.

Esta técnica, al presentar una nula inversión en nuevas tecnologías de equipamiento, traduce en una de sus mayores ventajas el costo, el cual deja de ser por ende un problema para la economía de nuestro país que ya cuenta en su totalidad con el sistema de red GPRS, que brinda sus servicios actualmente solo a empresas estatales pero que en los próximos años será accesible para todos los usuarios en general.



**Figura 3.3.** Mapa de cobertura celular, Cienfuegos, mayo 2009. [33].

El método propuesto no posee en la práctica ninguna dificultad de implementación, la que se hace imperceptible al poder aplicarse sobre la infraestructura existente y sin ninguna modificación en la red ni en los terminales móviles. Los operadores cubanos en estos momentos ya pueden comenzar a implementar este método sin ninguna dificultad por parte de la tecnología que este acredite.

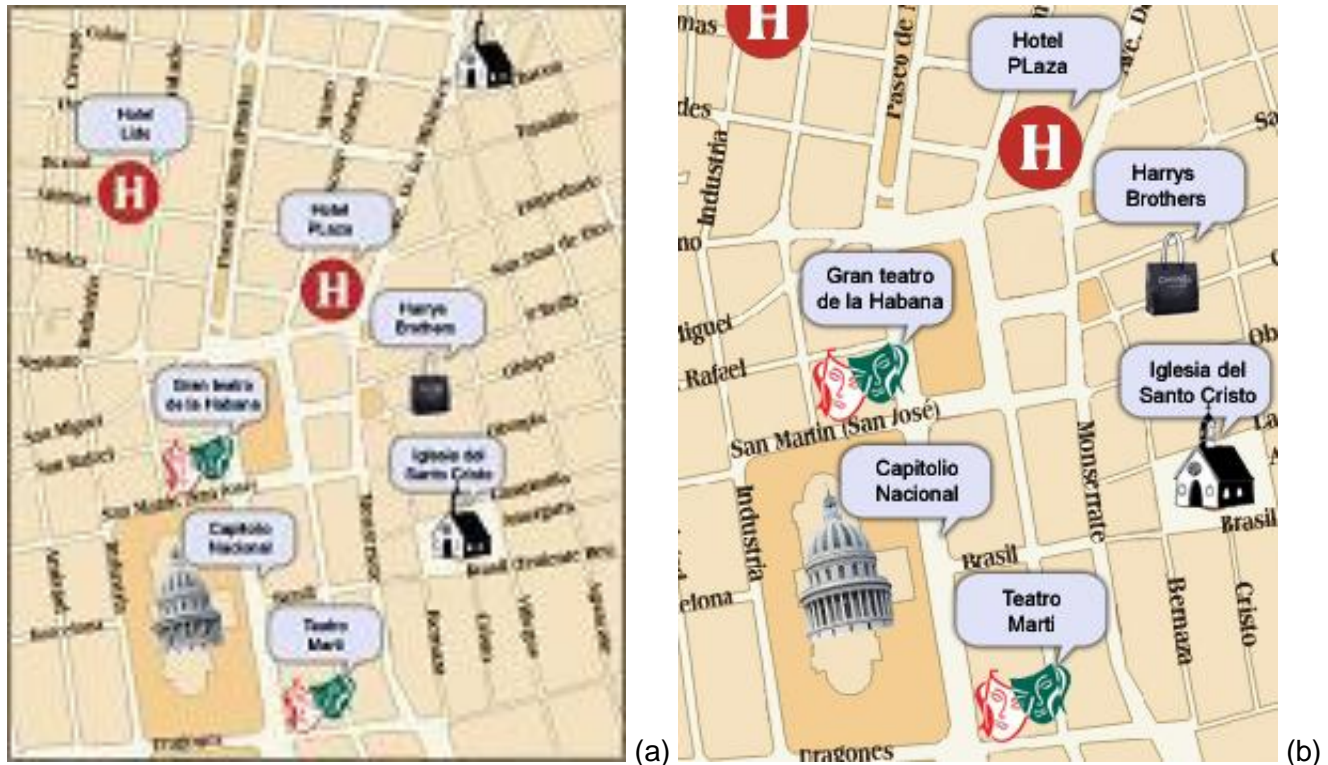
### **3.5. Mejoras en los servicios brindados por CI+TA sobre GPRS**

Con la implantación de este método de localización en el país sobre la red GPRS, los servicios que se brindarán al usuario alcanzarán una mejora sustancial, y con la misma, un nivel de aceptación mucho mayor gracias a las ventajas expuestas anteriormente que ofrece esta red.

Una de las prestaciones que se verá beneficiada con estos progresos es la de orientación geográfica basada en mapas, sobre la cual ya se están dando los primeros pasos con la digitalización de estos planos en la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI) que desarrolla en estos momentos el proyecto Sistema de Información Geográfica (GIS, *Geographic System Information*). Con este servicio el usuario no solamente podrá tener una referencia visual de los principales sitios de interés que se encuentran en su área de ubicación, sino que también tendrá la facilidad de enviar esta imagen junto con una posible descripción del lugar a un amigo, familiar o cliente.

Realizar esta acción sobre GSM, resultaría poco atractivo y algo tedioso si se tiene en cuenta que esta red no fue diseñada para este tipo de operación por lo que hace de una tarea sencilla, un proceso lento y de muy baja calidad.

GPRS al estar orientado específicamente a la transmisión de datos, brinda la posibilidad de maniobrar de diversas formas con estas imágenes, al poder, por ejemplo, acercarla, alejarla o descargarla sin que haya distorsión o pérdida de la calidad como ocurriría en GSM. En la figura 3.4 se muestra lo descrito anteriormente.



**Figura 3.4.** Servicio de orientación geográfica. (a) GSM (b) GPRS

Otra característica primordial a la hora de brindar este servicio debe ser la rapidez de respuesta a peticiones, si se transita en auto es necesario obtener la información de ubicación lo más rápido posible, o sea, se requiere una veloz actualización de los mapas. GPRS cumple de manera admirable con esta necesidad debido a que comparte los canales de comunicación entre los diferentes usuarios y hace una óptima utilización de la red, a diferencia de GSM que asigna un canal enteramente, aún cuando no se estén transmitiendo datos. De igual forma ocurre si el cliente luego de descargar la imagen deseada necesita enviarla a otra persona junto con su respectiva descripción.

A diferencia de GSM, GPRS ostenta como privilegio fundamental la tarificación por volumen de información transmitida y no por tiempo de conexión, por lo que el usuario se decidirá a utilizar el servicio sin temor a un costo excesivo y tomándose el tiempo necesario para efectuar cualquier tipo de operación.

Como GSM tarifica desde el momento en que se realiza la conexión, es difícil que el usuario mantenga su móvil conectado todo el tiempo para recibir la orientación geográfica requerida. En caso de que vaya en

## CAPÍTULO 3: PROPUESTA PARA LA RED GPRS EN CUBA

auto y necesite obtener datos sobre el lugar por donde va, primero debe esperar a que la conexión tenga éxito, de 10 a 15 segundos, y si a esto se le añade la demora en el recibo de la información, puede que cuando esta llegue sea demasiado tarde y ya no la necesite, sin embargo, debe pagar por todo el tiempo que duró la conexión. Perdería su tiempo, su dinero y junto con ello reputación y credibilidad el servicio.

Características \ Red	GSM	GPRS
Demora de transferencia	30 Kbyte en 25 segundos.	30 Kbyte en 1,6 segundos.
Conexión	Lenta y discontinua. Tiempo de establecimiento de 10 a 15 seg.	Rápida y permanente. Tiempo de establecimiento inferior a 1seg.
Pago	Alto. Depende del tiempo de conexión.	Bajo. Solo tarifa por cantidad de información transmitida.

**Tabla 4.** Resumen de las mejoras en los servicios de GPRS con respecto a GSM

Con esta tecnología el cliente ya puede orientarse geográficamente en tiempo y sin ningún tipo de problema, además de contar con la posibilidad de realizar o recibir llamadas de voz mientras se está conectado o utilizando cualquier otro servicio.

### 3.6. Conclusiones.

En este capítulo se analizó detalladamente la factibilidad de aplicación de cada uno de los métodos de localización vistos con anterioridad en el Capítulo 2, examinando las principales desventajas que cada uno de estos posee para considerar luego su posible aplicación en Cuba. Por tal motivo, se pudo concluir con la propuesta, que a consideración de los elementos tratados, se devela como la más ajustable a las condiciones de nuestro país y la cual se podría empezar a implementar en el mismo momento en que se decida, es la técnica de Identidad de Celda con la utilización del parámetro Avance de Tiempo (CI+TA). También se apreció claramente como las prestaciones que con este método se pudieran aplicar en Cuba, se mejoran grandemente sobre la red GPRS.

### CONCLUSIONES

En la presente investigación se hizo un estudio sobre el nuevo sistema de red existente en nuestro país: GPRS, dando una descripción detallada de su arquitectura, interfaces. También se expusieron las ventajas y comodidades que presenta el mismo con respecto al anterior GSM para posteriormente abordar las características de uno de los servicios más exitosos que ofrece, el de localización.

Sobre esta prestación se analizaron los principales métodos que existen y se utilizan en el mundo actual, haciendo un estudio de cada uno de forma detallada, viendo su funcionamiento, ventajas y dificultades que pudieran presentar, para posteriormente decidirse por una propuesta para la red nacional.

Finalmente se llegó a la propuesta de un método de localización acorde a las situaciones económico-geográficas de nuestro país, *CI+TA*, dándole cumplimiento de esta forma al principal objetivo de nuestra investigación.

### RECOMENDACIONES

A partir del resultado obtenido en el estudio realizado se recomienda por parte de los autores, en primer lugar comenzar a implementar en nuestro país tan importante servicio sobre la actual red GPRS.

También una continuación de este trabajo podría consistir en analizar la combinación con otros sistemas celulares como UMTS con la intención de repetir el estudio para este sistema. No obstante, esta ampliación no se podrá realizar hasta que aparezcan extensiones de las capacidades del estándar 3G, más los resultados de este estudio son extensibles al sistema UMTS, ya que se espera que la cobertura de éste tienda de manera natural a ser como mínimo igual que la del sistema GPRS.

El presente trabajo se ha centrado en estudiar la cobertura de forma general en todo el territorio nacional donde se encuentran grandes ciudades como Ciudad de la Habana y Varadero y otras con una densidad menor como Cienfuegos. Por lo que a partir del mismo se podría continuar con un análisis centrándose en escenarios más restringidos, donde se puedan aplicar métodos más precisos que el propuesto, en dependencia de la distribución de antenas y el tamaño de las áreas de cobertura que posean.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. PÉREZ HERNÁNDEZ, ALAIN O, PÉREZ CARMENATES, ARIANNA. *Trabajo de Diploma por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas*. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, 2008. Pág.4
- [2]. SANDERS, GEOFF. THORENS, LIONEL. REISKY, MANFRED. RULIK, OLIVER. DEYLITZ, STEFAN. *GPRS Networks*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Ltd, 2003. Pág. 260.
- [3]. *Agilent Understanding General Packet Radio Service (GPRS)*. USA, Agilent Technologies.Inc, Junio 28, 2001. Pág. 4.
- [4]. ANDERSSON, CHRISTOFFER. *GPRS and 3G Wireless Applications*. New York. John Wiley & Sons.Inc, 2001. Pág. 13.
- [5]. ANDERSSON, CHRISTOFFER. *GPRS and 3G Wireless Applications*. New York. John Wiley & Sons.Inc, 2001. Pág. 18.
- [6]. *Suplemento Científico Técnico de Juventud Rebelde, Domingo 08 de febrero de 2009. IV Simposio Internacional de Telecomunicaciones. Estudio de la Gestión de la Localización en Redes GSM*. Pág. 4.
- [7]. SANDERS, GEOFF. THORENS, LIONEL. REISKY, MANFRED. RULIK, OLIVER. DEYLITZ, STEFAN. *GPRS Networks*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág. 20. PELÁEZ RECIO, JOSÉ MARÍA. *Arquitectura e Interfaces en GPRS*. Pág. 7-10.
- [8]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág. 14.
- [9]. ANDERSSON, CHRISTOFFER. *GPRS and 3G Wireless Applications*. New York. John Wiley & Sons.Inc, 2001. Pág. 32.

- [10]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág. 19. PELÁEZ RECIO, JOSÉ MARÍA. *Arquitectura e Interfaces en GPRS*. Pág. 7-10.
- [11]. *Comunicaciones Móviles Digitales*. Pág. 16.
- [12]. ARBELLA, PÉREZ, YUDEL. FERNÁNDEZ, GUERRA, SERGUEI. *GPRS: Arquitectura, Interfaces y Protocolos*. Universidad de Ciencias Informáticas, La Habana, 2008. Pág. 13.
- [13]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág. 21.
- [14]. EBERSPÄCHER, JÖRG. VÖGEL, HANS-JÖRG. BETTSTETTER, CHRISTIAN. HARTMAN, CHRISTIAN. *GSM - Architecture, Protocols and Services*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom, John Wiley&Sons.Ltd, 2009. Pág. 237.
- [15]. SCHILLER, JOCHEN. VOISARD, AGNES. *Location-Based Services*. 500 Sansome Street, Suite 400, San Francisco, CA 94111, Morgan Kaufmann, 2004. Pág. 1.
- [16]. EBERSPÄCHER, JÖRG. VÖGEL, HANS-JÖRG. BETTSTETTER, CHRISTIAN. HARTMAN, CHRISTIAN. *GSM - Architecture, Protocols and Services*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom, John Wiley&Sons.Ltd, 2009. Pág. 240.
- [17]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág. 121.
- [18]. BIANCO, ESTEBAN. DEL BRÍO, CARLOS. *Técnicas de Localización*. Universidad Argentina de la Empresa, Facultad de Ingeniería, 2005. Pág. 22. BERNARDOS, ANA. *Tecnologías de localización*. U. Carlos III, Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT-UPM, Diciembre, 2003. Pág. 3.



- [19]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág. 124-125.
- [20]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág. 125-126.
- [21]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág. 130-131.
- [22]. BERNARDOS, ANA. *Tecnologías de localización*. U. Carlos III, Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT-UPM, Diciembre, 2003. Pág. 4.
- [23]. BERNARDOS, ANA. *Tecnologías de localización*. U. Carlos III, Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT-UPM, Diciembre, 2003. Pág. 6.
- [24]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág. 128-130.
- [25]. BERNARDOS, ANA. *Tecnologías de localización*. U. Carlos III, Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT-UPM, Diciembre, 2003. Pág. 7-9.
- [26]. GETE-ALONSO ROLDÁN, OSCAR. *Estudio de disponibilidad de señales de localización GPS/GSM*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona UPC, Diciembre 2008. Pág. 22.
- [27]. BIANCO, ESTEBAN. DEL BRÍO, CARLOS. *Técnicas de Localización*. Universidad Argentina de la Empresa, Facultad de Ingeniería, 2005. Pág. 16.

- [28]. GETE-ALONSO ROLDÁN, OSCAR. *Estudio de disponibilidad de señales de localización GPS/GSM*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona UPC, Diciembre 2008. Pág. 12-15.
- [29]. GETE-ALONSO ROLDÁN, OSCAR. *Estudio de disponibilidad de señales de localización GPS/GSM*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona UPC, Diciembre 2008. Pág. 9-10.
- [30]. GETE-ALONSO ROLDÁN, OSCAR. *Estudio de disponibilidad de señales de localización GPS/GSM*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona UPC, Diciembre 2008. Pág. 15-16.
- [31]. PUCHKOV, OSES, SERGIO. *Estudio sobre Sistemas de Posicionamiento*. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica, 12 del 2005. Pág. 98.
- [32]. BERNARDOS, ANA. *Tecnologías de localización*. U. Carlos III, Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT-UPM, Diciembre, 2003. Pág. 7-9.
- [33]. *Mapas de cobertura celular*. Dirección de ETECSA de la Universidad las Ciencias Informáticas, mayo 2009.
- [34]. 2008 GSM Association & Europa Technologies Limited, Edition 2008-A. *GSM World Coverage 2008*. Enero 2008. Disponible en: <http://www.coveragemaps.com>. Guerra, Serguei. Pérez, Alain O. Pérez, Arianna. *Estudio de la Gestión de la Localización en Redes GSM. IV Simposio Internacional de Telecomunicaciones*. Pág 4 – 5.
- [35]. 2007 GSM Association & Europa Technologies Limited, Edition 2007-A. *GSM Americas Coverage 2007*. Octubre 2007. Disponible en: <http://www.coveragemaps.com>. Guerra, Serguei. Pérez, Alain O. Pérez, Arianna. *Estudio de la Gestión de la Localización en Redes GSM. IV Simposio Internacional de Telecomunicaciones*. Pág 4 – 5.
- [36]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág.37.

[37]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág 298 – 299.

[38]. HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003. Pág 37 – 38.

## BIBLIOGRAFÍA

*Agilent Understanding General Packet Radio Service (GPRS)*. USA, Agilent Technologies.Inc, Junio 28, 2001. ANDERSSON, CHRISTOFFER. *GPRS and 3G Wireless Applications*. New York. John Wiley & Sons.Inc, 2001.

ANDERSSON, CHRISTOFFER. *GPRS and 3G Wireless Applications*. New York. John Wiley & Sons.Inc, 2001.

ARBELLA, PÉREZ, YUDEL. FERNÁNDEZ, GUERRA, SERGUEI. *GPRS: Arquitectura, Interfaces y Protocolos*. Universidad de Ciencias Informáticas, La Habana, 2008.

BERNARDOS, ANA. *Tecnologías de localización*. U. Carlos III, Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT-UPM, Diciembre, 2003.

BIANCO, ESTEBAN. DEL BRÍO, CARLOS. *Técnicas de Localización*. Universidad Argentina de la Empresa, Facultad de Ingeniería, 2005.

*Comunicaciones Móviles Digitales*.

EBERSPÄCHER, JÖRG. VÖGEL, HANS-JÖRG. BETTSTETTER, CHRISTIAN. HARTMAN, CHRISTIAN. *GSM-Architecture, Protocols and Services*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom, John Wiley&Sons.Ltd, 2009.

GETE-ALONSO ROLDÁN, OSCAR. *Estudio de disponibilidad de señales de localización GPS/GSM*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona UPC, Diciembre 2008.

GONZÁLEZ GÓMEZ, JUAN. *El servicio SMS: Un enfoque práctico. Trabajo de doctorado para la asignatura "Nuevas tecnologías para las comunicaciones"*. Junio del 2002.

HALONEN, TIMO. ROMERO, JAVIER. MELERO, JUAN. *GSM GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G UMTS*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Inc, 2003.

HEINE, GUNNAR. *GSM Networks: Protocols, Terminology and Implementation*, 1998.

*Mapas de cobertura celular.* Dirección de ETECSA de la Universidad las Ciencias Informáticas, mayo 2009.

PELÁEZ RECIO, JOSÉ MARÍA. *Arquitectura e Interfaces en GPRS.*

PÉREZ HERNÁNDEZ, ALAIN O.; PÉREZ CARMENATES, ARIANNA. *Trabajo de Diploma por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas.* Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, 2008.

PUCHKOV, OSES, SERGIO. *Estudio sobre Sistemas de Posicionamiento.* Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica, diciembre del 2005.

SANDERS, GEOFF. THORENS, LIONEL. REISKY, MANFRED. RULIK, OLIVER. DEYLITZ, STEFAN. *GPRS Networks.* The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, John Wiley & Sons.Ltd, 2003.

SAUTER, MARTIN. *Beyond 3G-Bringing Networks, Terminals and the Web Together,* 2009.

SCHILLER, JOCHEN. VOISARD, AGNES. *Location-Based Services.* 500 Sansome Street, Suite 400, San Francisco, CA 94111, Morgan Kaufmann, 2004.

*Suplemento Científico Técnico de Juventud Rebelde, Domingo 08 de febrero de 2009. IV Simposio Internacional de Telecomunicaciones. Estudio de la Gestión de la Localización en Redes GSM.*

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

2G: Segunda Generación.

3G: Tercera Generación.

AMPS: *Advanced Mobile Phone Service*, Servicio de Telefonía Móvil Avanzado.

AOA: *Angle of Arrival*, Angulo de Llegada.

AT: *Absotute Time*, Tiempo Absoluto.

ATD: *Absolute Time Difference*, Diferencia de Tiempo Absoluta.

AuC: *Authentication Center*, Centro de Autenticación.

A-GPS: *Assisted Global Positioning System*, Sistema de Posicionamiento Global Asistido.

BCCH: *Broadcast Control Channel*, Canal de Control de Difusión.

BG: *Border Gateway*, Pasarela Frontera.

BS: *Base Station*, Estación Base.

BSC: *Base Station Controller*, Controlador de Estación Base.

BSS: *Base Station Subsystem*, Subsistema de Estación Base.

BSSGP: *Base Station System GPRS Protocol*, Protocolo de Estación Base del Sistema GPRS.

BTS: *Base Transceiver Station*, Estaciones Base Transceptoras.

C\_COM: Empresa Cubana de Comunicaciones.

CCU: *Channel Control Unit*, Unidad de Control de Canal.

CDMA: *Code Division Multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Código.

CI: *Cell Identity*, Identidad de Celda.

Cubacel S.A: Empresa Mixta de Teléfonos Celulares en Cuba S.A.

DAMPS: *Digital Advanced Mobile Phone System*, Digital AMPS.

DOA: *Direction of Arrival*, Dirección de Llegada.

EDGE: *Enhanced Data Rate for GSM Evolution*, Tasas de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM.

EIR: *Equipment Identity Register*, Registro de Identidad de Equipo.

E-OTD: *Enhanced Observed Time Difference*, Diferencia de Tiempo Observado Mejorado.

ETECSA: Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.

FCC: *Federal Communication Commission*, Comisión Federal de Comunicación.

FDD: *Frequency Division Duplex*, Dúplex por División de Frecuencia.

FDMA: *Frequency Division Multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

GGSN: *Gateway GPRS Support Node*, Nodo de Soporte GPRS Pasarela.

GIS: *Geographic System Information*, Sistema de Información Geográfica.

GIWU: *GSM Interworking Unit*, Unidad de Interconexión GSM.

GLONASS: *Global Orbiting Navigation Satellite System*.

GMLC: *Gateway Mobile Location Centre*, Centro Pasarela de Localización Móvil.

GMSC: *Gateway Mobile Switching Center*, Centro de Conmutación de Móviles de Pasarela.

GPRS: *General Packet Radio Service*, Servicio General de Paquete de Radio.

GPS: *Global Positioning System*, Sistema de Posicionamiento Global.

GSM: *Global System for Mobile Communications*, Sistema Global de Comunicaciones para Móviles.

GSN: *GPRS Support Node*, Nodos de Soporte GPRS.

GTD: *Geometric Time Difference*, Diferencia de Tiempo Geométrico.

HLR: *Home Location Register*, Registro de Localización de Abonados.

HPLMN: *Home Public Land Mobile Network*, Red Terrestre Móvil Pública Local.

HSCSD: *High-Speed Circuit-Switched Data*, Datos por Conmutación de Circuitos a Alta Velocidad.

IMEI: *International Mobile Equipment Identity*, Identidad Internacional de Equipo Móvil.

IMSI: *International Mobile Subscriber Identity*, Identificador Internacional del Subscriptor Móvil.

IP: *Internet Protocol*, Protocolo de Internet.

ISDN: *Integrated Services Digital Network*, Red Digital de Servicios Integrados.

LA: *Location Area*, Área de Localización.

LBS: *Location Based Services*, Servicios Basados en la Localización.

LCS: *Location Services*, Servicios de Localización.

LLC: *Logical Link Control*, Control de Enlace Lógico.

LMU: *Location Measurement Unit*, Unidad de Medición de Localización.

LOS: *Line Of Sight*, Línea de Visión Directa.

MAC: *Media Access Control*, Control de Acceso al Medio.

MF: *Multipath Fingerprint*, Huella Multitrayecto.

MIC: Ministerio de la Informática y las Telecomunicaciones de Cuba.

MMS: *Multimedia Messaging System*, Sistema de Mensajes Multimedia.

MS: *Mobile Station*, Estación Móvil.

MSC: *Mobile Switching Center*, Central de Conmutación Móvil.



NACC: *Network Assisted Cell Change*, Cambio de Celda Asistido por la Red.

NAVSTAR: *Navigation Satellite Timing and Ranging*.

NMT: *Nordic Mobile Telephony*, Telefonía Móvil Nórdica.

NSS: *Network Switching Subsystem*, Subsistema de Conmutación de Red.

OMSS: *Operating & Maintenance Subsystem*, Subsistema de Operación y Mantenimiento.

OSS: *Operation and Support Subsystem*, Subsistema de Soporte y Operación.

P2P: *peer-to-peer*, punto a punto.

PACCH: *Packet Associated Control Channel*, Canal de Control de Paquetes Asociados.

PBCCH: *Packet Broadcast Control Channel*, Canal de Control de Difusión de Paquetes.

PCU: *Packet Control Unit*, Unidad de Control de Paquete.

PDC: *Personal Digital Cellular*, Celular Personal Digital.

PDP: *Packet Data Protocol*, Protocolo de Datos por Paquete.

PIN: *Personal Identification Number*, Número de Identificación Personal.

PLMN: *Public Land Mobile Network*, Red Móvil Pública Terrestre.

PSTN: *Public Switched Telephone Network*, Red Telefónica Pública Conmutada.

PTCCH: *Packet Timing Advance Control Channel*, Canal de Control de Avance de Tiempo de Paquete.

PTM: *Point-To-Multipoint*, Punto a Multipunto.

PTP: *Point-To-Point*, Punto a Punto.

PTP-CLNS: *PTP Connectionless Network Service*, Servicio de Conexión Leve de Red.

PTPCONS: *PTP Connection Oriented Network Service*, Servicio de Red Orientada a Conexión PTP.

QoS: *Quality of Service*, Calidad de Servicio.

RA: *Routing Area*, Área de Direccionamiento.

RACH: *Random Access Channel*, Canal de Control de Acceso Aleatorio.

RAI: *Routing Area Identity*, Identidad de Área de Direccionamiento.

Ras: *Routing Areas*, Áreas de Direccionamiento.

RAU: *Routing Area Update*, Actualización de Área de Direccionamiento.

RDSI ó ISDN, *Subscriber Integrated Services Digital Network Number*, Red Digital de Servicios Integrados.

RLC: *Radio Link Control*, Control del Enlace de Radio.

RRLP: *Radio Resource LCS Protocol*, Protocolo LCS de Recurso de Radio.

RTD: *Real-Time Difference*, Diferencia en Tiempo Real.

RXLEVs: *Received Signal Level*, Niveles de la Señal Recibida por el Terminal.

SS7: *Signaling System 7*.

SGSN: *Serving GPRS Support Node*, Nodo de Soporte GPRS Servidor.

SIM: *Subscriber Identity Module*, Módulo de Identidad del Subscriptor.

SMLC: *Serving Mobile Location Centre*, Centro Servidor de Localización Móvil.

SMS: *Short Message Service*, Servicio de Mensajes Cortos.

SMS–GMSC: *Gateway MSC for Short Message Service*, Pasarela MSC para el Servicio de Mensajes Cortos.

SMS–IWMSC: *Interworking MSC for Short Message Service*, Interconexión MSC para el Servicio de Mensajes Cortos.

SNDCP: *Sub Network Dependent Convergence Protocol*, Protocolo de Convergencia Dependiente de Subred.

TA: *Timing Advance*, Avance de Tiempo.

TACS: *Total Access Communications System*, Sistema de Comunicaciones de Acceso Total.

TCP: *Transmission Control Protocol*, Protocolo de Control de Transmisión.

TDD: *Time Division Duplex*, Dúplex por División de Tiempo.

TDMA: *Time Division Multiple Access*, Acceso Múltiple de División por Tiempo.

TOA: *Time of Arrival*, Tiempo de Arribo.

TSMI: *Temporaly Subscriber Mobile Identity*, Identidad de Abonado Móvil Temporal.

UDP: *User Datagram Protocol*, Protocolo de Datagrama de Usuario.

UMTS: *Universal Mobile Telecommunication Services*, Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles.

USB: *Universal Serial Bus*, Bus Universal en Serie.

VLR: *Visitor Locator Register*, Registro de Localización de Visitantes.

WAP: *Wireless Application Protocol*, Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas.

WCDMA: *Wideband Code Division Multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha.