



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

SISTEMA DE LOCALIZACIÓN POR TELEFONIA CELULAR

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A N :

JUAN CARLOS HERNÁNDEZ RUVALCABA

JUAN ANTONIO CISNEROS REYES

ASESOR:

M.I. LAURO SANTIAGO CRUZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO. DE MÉXICO

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECEMOS A:

LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

POR SER NUESTRA MÁXIMA CASA DE ESTUDIOS

A LA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**POR DARNOS LA OPORTUNIDAD DE REALIZAR NUESTROS ESTUDIOS Y
PODER CONCRETAR ESTE SUEÑO.**

POR SIEMPRE NUESTRO CARIÑO Y ADMIRACION

**A TODOS ESOS PROFESORES, AMIGOS Y COMPAÑEROS QUE CON SU
DEDICACIÓN Y PROFESIONALISMO NOS HAN IMPULSADO A CONCLUIR
ESTA ETAPA DE NUESTRAS VIDAS.**

GRACIAS.

ÍNDICE

Introducción	1
1. Antecedentes	5
1.1. Origen y Evolución de la comunicaciones	6
1.1.1. Breve Introducción	6
1.1.2. Historia	7
1.1.2.1. Sistemas Analógicos de telefonía celular	8
1.1.2.2. Sistemas digitales de telefonía móvil	9
1.2. Servicios	11
1.3. Aplicaciones	17
1.4. Espectro radioeléctrico	21
2. Conceptos básicos de telefonía celular	23
2.1. Introducción a los conceptos de telefonía celular	24
2.2. Consideraciones generales de la telefonía celular	25
2.2.1. Antenas	26
2.2.2. Reutilización de frecuencias	28
2.2.3. Evolución de la cobertura y capacidad del servicio	30
2.2.3.1. Técnicas de asignación de canal	30
2.2.3.2. Capacidad de servicio	31
2.2.4. Eficiencia espectral	33
2.3. El sistema Europeo GSM	34
2.4. Elementos del sistema celular y su funcionamiento	38
2.4.1. Sistema de conmutación	39
2.4.2. Sistemas de Estaciones Base	42
2.4.3. Estaciones Móviles	43
2.5. Movilidad Celular	44
2.6. <i>Roaming</i> e Interconexión a la red pública	45
2.6.1. <i>Roaming</i>	46
2.6.2. Interconexión a la red pública	47
2.7. Características de la interfaz inalámbrica	48
2.7.1. Propagación de señales de radio	48
2.7.2. Interferencia	51
2.8. Métodos de acceso al medio y multiplexaje	52
2.8.1. Acceso múltiple FDMA	52
2.8.2. Acceso múltiple TDMA:	53
2.8.3. Acceso múltiple CDMA	55
3. Sistema de localización por medio de telefonía celular	57
3.1. Introducción a los Servicios Basados en Localización	58

3.1.1. Elementos de los Servicios Basados en Localización	61
3.1.2. Tipos de Servicios Basados en Localización	63
3.2. Factores generales de los Servicios Basados en Localización	65
3.2.1 Entidades de los Servicios Basados en Localización	65
3.2.2. Componentes de los Servicios Basados en Localización	67
3.2.3. Arquitectura general de los Servicios Basados en Localización	68
3.2.4. Principios de privacidad	72
3.2.5. Exactitud de localización	73
3.2.6. Requerimientos de Cobros	74
3.2.6.1. Proceso de cobro y fuljo de ingresos	76
3.2.6.2. Cobro de usuario final por un tercero	78
3.2.6.3. Precio por el servicio y exactitud	78
3.2.7. Anonimato	79
3.2.8. Dispositivo mediador	80
3.2.9. Temas finales	80
3.3. Operación de una red única	83
3.4. Operación de interconexión	86
3.5. <i>Roaming</i>	89
3.5.1. Casos de Interoperabilidad y <i>Roaming</i>	89
3.5.2. El papel del <i>roaming</i> en los Servicios Basados en Localización	94
3.5.3. El proceso general de roaming en los Servicios Basados en Localización	96
3.5.4. Proceso general de rastreo continuo	97
3.6. Métodos de localización	98
3.6.1. Método nivel básico: ID de Célula	98
3.6.2. Método nivel mejorado: Observador de la diferencia de tiempo Mejorado	100
3.6.3. Método nivel avanzado: Asistencia GPS	101
3.7. Descripción de posibles Servicios Basados en Localización	103
3.7.1. Servicios de seguridad pública	103
3.7.2. Cobro basado en localización	104
3.7.3. Servicio de rastreo	105
3.7.4. Enrutamiento mejorado de llamadas	107
3.7.5. Servicios de información basada en localización	107
3.7.6. Servicios de levantamiento de una red	109
4. Diseño e integración del sistema de localización	111
4.1. Introducción	112
4.2. Estudio de las soluciones	113
4.2.1. Andrew Corporation	113
4.2.2. Oksijen	114
4.2.3. Digital Herat Systems	116
4.2.4. Autodesk	116
4.3. Integración del Sistema Basado en Localización	117
4.4. Servidor habilitador de localización	121
4.4.1. Protocolos del servidor Habilitador de localización	126
4.4.2. Flujo de información entre clientes LCS y el LES	127

4.4.2.1. Flujo de información para consultas básicas de servicios de localización	128
4.4.2.2. Flujo de información para consultas avanzadas de servicios de localización	128
4.4.2.3. Flujo de información para consultas de administración	129
4.4.3. Flujo de información entre abonados, SAMS y LES	130
4.4.4. Escalabilidad y optimización de recursos de red	132
4.4.5. Capacidad y rendimiento de LES	132
4.4.6. Configuración de Multioperador	133
4.4.7. Prioridad y resumen de funciones de LES	133
4.5. Servidor de datos cartográficos	134
4.5.1. Módulo de base de datos del modelo fractal	136
4.5.2. Funciones de localización avanzadas del servidor de datos cartográficos	137
4.5.3. Especificaciones de datos cartográficos	141
4.5.4. Interfaz a las bases de datos de proveedores externos	141
4.5.5. Capacidad y eficiencia del servidor de datos cartográficos	142
4.5.6. Multioperador	142
4.5.7. Aplicación	142
4.6. Servidores de localización	142
4.6.1. Funcionalidades del GMLC/SMLC	143
4.6.2. Funcionalidades del SMLC	146
4.6.3. Procedimientos de localización estándar	147
4.6.3.1. Terminados por el móvil	147
4.6.3.2. Inducido por la red	148
4.6.3.3. Originado por el móvil	148
4.6.4. Funcionalidad de <i>roaming</i>	148
4.6.5. Interfaces del módulo GMLC/SMLC	149
4.6.5.1. Interfaces de red	149
4.6.5.2. Interfaz I _e del LES	150
4.6.5.3. Interfaz I _e de clientes LCS	152
4.6.6. Capacidad y eficiencia del módulo GMLC/SMLC	152
4.6.7. Prioridad y resumen de las funcionalidades del GMLC/SMLC	153
5. Pruebas y resultados	154
5.1. Conceptos	155
5.2. Desarrollo de pruebas y resultados	155
5.2.1. Pruebas del dispositivo mediador	157
5.2.2. Pruebas LES	164
5.3. Resultados	166
6. Resultados y Conclusiones	169
6.1. Resultados	170
6.2. Conclusiones	172
Bibliografía	175

Apéndices:

A.

A.1

B.

B.1

Introducción

La utilización de la radio para la comunicación móvil es una idea que surge con los primeros experimentos de transmisión a larga distancia del italiano Marconi, realizados en 1901, en los que se instalaron los primeros sistemas de “radio móvil” sobre vehículos con apariencia de tranvías. El primer servicio de telefonía móvil fue utilizado por la policía de Detroit en los años 20. En 1945 se creó el primer sistema público de radio llamado generación cero y su planteamiento era instalar un transmisor central de gran potencia y buena altura para conseguir un área de cobertura urbana lo más grande posible. En 1947, los laboratorios Bell presentaron el concepto de telefonía celular, que permite la reutilización de frecuencias, en 1970 estos mismos laboratorios empezaron a trabajar en los “sistemas de telefonía móvil” y finalmente en los años ochenta aparece lo que se conoce como primera generación de telefonía móvil.

Es importante mencionar que los primeros sistemas de telefonía móvil, que eran de carácter analógico, se consideran como los de primera generación. La siguiente generación de telefonía móvil, es decir, la segunda generación, es de carácter digital, y podemos mencionar como el caso más significativo la tecnología GSM, en la cual está fundamentada nuestra tesis. Los sistemas móviles digitales próximos, que ya están empezando a aparecer, son los denominados de tercera generación, que están destinados a sustituir a todos los anteriores.

Si bien el paso de la primera generación a la segunda generación hay un cambio en la red y en los teléfonos celulares, ya que pasa del mundo analógico al digital, se mantuvo el mismo tipo de negocio, que básicamente era el de la voz, en el caso del paso de la segunda generación a la tercera generación (aunque ambas siguen siendo tecnologías digitales), hay un cambio radical en el modelo de negocio, ya que aparte de la voz cobra una especial relevancia los contenidos de otro tipo como son las imágenes, la música y aplicaciones basadas en el perfil del usuario, sus preferencias y su localización, sin dejar de lado las mayores velocidades que permite y que hacen realidad las aplicaciones de multimedia, en donde el tiempo de descarga es un factor crítico.

La localización de los teléfonos celulares tiene gran importancia, puesto que permite ofrecer servicios basados en su localización geográfica que son de gran interés para los usuarios. Las soluciones de localización por medio de telefonía celular, que combinan los sistemas móviles de localización y los Servicios Basados en Localización, representan una aplicación arrasadora e importante de la industria de telefonía celular.

Los sistemas de localización por medio de telefonía celular detectan la localización física del abonado, esta información es básica para las redes móviles, por que es necesario encaminar las llamadas al teléfono del abonado estuviera donde estuviera. Pero cada vez está siendo más importante conocer exactamente dónde se encuentran los teléfonos móviles, ya que las redes están evolucionando para ofrecer algo más que simples comunicaciones de voz. Para ello existen tres motivos principales:

- Los servicios basados en la localización del usuario son extremadamente útiles para los abonados y rentables para los operadores.
- Es necesario localizar a los usuarios de teléfonos móviles en caso de emergencias.
- Los operadores pueden utilizar los datos de localización para gestionar eficazmente sus redes.

Los Sistemas Basados en Localización indican la localización del abonado en cuanto a su localización física, estilo de vida y otras preferencias personales. Esta clase de servicio es la de más interés para los abonados, y por lo tanto para los operadores. Entre estos servicios está la ubicación donde se encuentra el abonado, la información turística local, el estado del tiempo, etc.

El conocer dónde se encuentra un abonado es útil para los operadores de red para que analicen sus hábitos. Esta información puede contribuir para planificar mejor y mejorar la eficiencia y calidad de servicio de la red. La información sobre la localización también se puede utilizar como base para implementar sistemas de tarifas innovadoras, por ejemplo, para fomentar el uso del MS en el domicilio del usuario, con lo que éste tendría un número telefónico único, tanto fuera como dentro de su casa.

La oferta de Servicios Basados en Localización de los abonados se esta extendiendo y llegarán a ser una parte importante de los ingresos de los operadores y proveedores de servicio. Éstas están marcando una diferencia importante frente a las redes fijas, en las que estos tipos de servicios, lógicamente no se pueden dar, y definirán una preferencia de los usuarios hacia el tipo de telefonía móvil, como pueden ser las actuales redes GSM/GPRS o las futuras redes basadas en el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS).

Los servicios que se brindan a usuarios móviles pueden plantear ciertos problemas, ya que no siempre el usuario está interesado en que se conozca su identidad, y en muchas ocasiones desea conservar su intimidad a toda costa. Éste es uno de los motivos que impulsan el uso de tarjetas prepago, ya que con ellas no se necesita ningún contrato y el usuario puede realizar sus llamadas sin ser identificado; en otras ocasiones puede suceder lo contrario y que el usuario desee su identificación como es el caso de las llamadas de emergencia o de localización de vehículos desaparecidos.

En cualquier caso, hay que distinguir entre lo que es la localización del teléfono, siempre que esté en funcionamiento, y la localización del propietario del mismo, lo que solo es posible si existe un contrato que identifique un número de teléfono con un usuario.

El factor de éxito de los sistemas de localización por medio de telefonía celular esta basado en la sencillez de uso, su disponibilidad y una política de costos aceptable para el usuario, que en definitiva, es quien tendrá que decidir si lo usa, con base en el valor que le pueden aportar.

El objetivo principal del presente trabajo es el diseño e implementación de un sistema de localización por medio de telefonía celular, poniendo énfasis en los servicios que se generan a partir de esta localización. El trabajo escrito se compone de los apartados de introducción, seis capítulos, la bibliografía y los apéndices.

Es importante mencionar que uno de los apéndices es un glosario de términos, en donde se podrá consultar de manera rápida el significado de cualquier sigla que se encuentre en nuestro trabajo.

En el primer capítulo presentamos una reseña histórica de la telefonía fija y el surgimiento de la telefonía móvil, así como, la evolución de las tecnologías móviles con el paso del tiempo. Para una mejor comprensión de los sistemas de telefonía móvil, describimos, en el segundo capítulo, los principales elementos que forman un sistema de telefonía celular. En el tercer capítulo damos a conocer los elementos que conforman un sistema de localización por medio de la red de telefonía celular y sus distintas aplicaciones. En el cuarto capítulo se diseña e integra un sistema de localización basado en telefonía celular. En el quinto capítulo se realiza una evaluación de las pruebas y resultados del sistema de localización. En el sexto capítulo se dan los resultados y las conclusiones del proyecto y finalmente se presentan la bibliografía consultada y los apéndices generados.

1. ANTECEDENTES

En el presente capítulo veremos el origen y la evolución de las comunicaciones personales, tomando en cuenta la telefonía fija y la móvil, mostrando características y beneficios de cada una.

1.1. Origen y evolución de las comunicaciones

1.1.1. Breve Introducción

La comunicación a distancia se viene utilizando desde la más remota antigüedad, pero no es hasta el siglo XIX cuando se produce la aplicación de las técnicas que podemos llamar telecomunicaciones, que es cuando hacen uso de la electricidad. Es entonces cuando se produce un avance significativo y se suceden numerosos inventos que vienen a modificar los hábitos y la manera de comunicarse de las personas. La distancia deja de ser un impedimento para la comunicación y ésta se puede llevar a cabo en tiempo real, no solamente para la voz, sino para los datos y las imágenes.

No se puede empezar a hablar de la telefonía móvil sin mencionar la telefonía fija, ya que ésta es el origen de la primera y están ligadas entre sí. Se puede decir que la telefonía móvil ofrece los mismos servicios que la telefonía fija, pero sin la necesidad de tener una terminal con cable, y estar obligado a permanecer en un lugar determinado.

La telefonía fija nació en 1876, con el invento del teléfono por Alexander Graham Bell. A partir de este momento se han originado una serie de inventos y desarrollos destinados a ofrecer un mejor servicio, automatizado y de mejor calidad.

Hoy en día, el servicio telefónico fijo cuenta con una red que está digitalizada en gran medida y funciona de manera automática mediante centrales públicas de gran capacidad, pero la manera en que se usan ha permanecido prácticamente igual, es decir, el usuario descuelga, espera tono y marca el número con el que se quiere comunicar; al cabo de unos segundos, si todo es normal, se establece la comunicación y puede hablar durante el tiempo que precise, cuando termina, cuelga y se liberan los circuitos ocupados.

La Telefonía fija ha cubierto las necesidades de comunicación a lo largo de más de un siglo desde su nacimiento. Pero en los últimos veinte años la humanidad ha venido demandando libertad de movimiento y la necesidad de estar comunicados en todo momento y lugar, lo que ha dado lugar a nuevos métodos y tecnologías de comunicaciones, entre ellas las que hacen uso de la radio y evitan la necesidad de cables.

El despliegue de la telefonía móvil es mucho más rápido que el de una red fija, su cobertura es amplia. No obstante, la red móvil se apoya en la red fija y existe una interconexión entre ellas, de manera que se pueden dirigir llamadas de móvil a fijo y de fijo a móvil.

La posibilidad de realizar llamadas entre redes fijas y móviles es lo que ha favorecido el rápido crecimiento de la telefonía móvil. El servicio telefónico móvil en un principio se asemejó al fijo y permitía solamente llamadas de voz, pero se fueron introduciendo mejoras, servicios, aplicaciones, etc., expandiendo así las opciones a los usuarios.

1.1.2. Historia

Después de los trabajos iniciales de Hertz, en 1880, Marconi realizó varios trabajos experimentales y posteriormente, en 1897, llevó a cabo una transmisión por radio a un barco. Durante la primera guerra mundial los sistemas de radio comunicación móvil tuvieron un uso muy limitado. Fue hasta 1921 cuando se instaló el primer sistema de radio telefonía móvil por el departamento de policía de la ciudad de Detroit en los Estados Unidos de América. Este sistema operaba en la banda de los 2 MHz; sin embargo, a medida que los adelantos tecnológicos y la demanda del servicio fue aumentando, se inició la tendencia hacia el uso de un mayor número de frecuencias.

Entre los años treinta y cuarenta varios canales se usaron sobre una base experimental; a finales del los años cuarenta, se instalaron nuevos sistemas comerciales en las bandas de los 33 y 150 MHz. La operación de estos sistemas fue de un solo sentido y se requería de un

operador de teléfono para poder colocar la llamada, además el usuario tenía que buscar manualmente un canal que se encontrara libre. Fue hacia mediados de los años sesentas que se tuvieron nuevos sistemas en la banda de los 150MHz, con operación en ambos sentidos y búsqueda automática de canales.

En 1978, en la Ciudad de Chicago, comenzó a instalarse en su fase experimental el Sistema Avanzado de Telefonía Móvil (AMPS) en la banda de los 900 MHz, disponiendo de 666 canales (capacidad total). Este sistema, el cual es ya un sistema celular, cubrió una fase experimental una extensión de aproximadamente 5,400 km² con 10 células y 136 canales para 2,000 abonados; después se instaló en 1983 en forma comercial con los 666 canales y con una capacidad inicial de 30,000 abonados. Paralelamente en Europa se instaló el primer sistema celular de tipo experimental en la banda de los 450 MHz, denominada Telefonía Nórdica Móvil (NMT). Este sistema entró en operación comercial en 1981, cubriendo gran parte de los países nórdicos y más adelante este mismo sistema se instaló en otros países europeos.

1.1.2.1. Sistemas analógicos de telefonía móvil

Los sistemas analógicos de telefonía móvil son considerados como la primera generación de telefonía celular. El primer sistema analógico de telefonía móvil utilizado en los Estados Unidos de América fue el AMPS, mientras que en Europa se utilizaron los sistemas NMT y el Sistema de Comunicación de Acceso Total (TACS). El sistema AMPS es el estándar utilizado en los Estados Unidos de América, Canadá, Sudamérica, Australia y China; emplea la técnica Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) que es una técnica para compartir el espectro radioeléctrico, según la cual a cada uno de los usuarios se le adjudica una frecuencia, distinta de la que se le asigna a otros; la técnica FDMA se aplica con una separación dúplex de 45 MHz y canales de 30 kHz (canalización), consiguiendo inicialmente un total de 666 canales dúplex, de los cuales 624 se utilizan para conversación y 42 para control. El sistema NMT tiene dos versiones, una la conocida como NMT450 y la otra es NMT900; el sistema NMT450 inicia como un servicio normalizado en los países escandinavos (Suecia-Noruega-Dinamarca-Islandia), en el año de 1981, y opera en la banda de los 450 MHz. Este sistema cubre una gran extensión de terreno

con poca inversión. El NMT900 utiliza la banda de los 900 MHz, permitiendo de esta forma un mayor número de canales. Esta versión fue utilizada en donde la primera versión, la NMT450, se hallaba saturada.

El Sistema TACS fue establecido primeramente en Inglaterra en el año de 1985 y se deriva de AMPS, fue lanzado comercialmente en 1984 en los Estados Unidos de América. Mediante este sistema se obtiene una mejor calidad en el servicio, mejora la relación señal/ruido, al tener un mayor ancho del canal. Este sistema operaba en la banda de los 900 MHz, por lo que también fue conocido como TACS-900.

En la tabla 1.1. Se indican las frecuencias en las que operan los distintos sistemas analógicos mencionados.

Sistema	Enlace ascendente	Enlace descendente
NMT 450	453-457,5 MHz	463-467,5 MHz
NMT 900	890-915 MHz	935-960 MHz
AMPS	869-894 MHz	824-849 MHz
TACS	935-950/960 MHz	890-905/915 MHz

Tabla 1.1. Banda de frecuencias utilizadas por los principales sistemas analógicos de telefonía móvil.

1.1.2.2. Sistemas digitales de telefonía móvil

Los sistemas digitales de telefonía móvil se les denomina como la segunda generación de telefonía celular. Estos surgieron para eliminar las limitaciones de capacidad del número de usuarios de los sistemas analógicos de telefonía móvil, y al mismo tiempo, para mejorar la calidad de la comunicación. Se han desarrollado e implantado varios sistemas digitales, ejemplo de ellos son: D-AMPS, GSM, CDMA. Algunas características importantes de estos sistemas son:

D-AMPS

En 1990 surgió D-AMPS o Digital AMPS, también conocido como acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) emplea la banda de 1,900 MHz y utiliza una separación de canales de 30 kHz, lo cual permite hacer un uso más eficiente de ellos, al utilizar la técnica TDMA la arquitectura y las prestaciones del sistema son similares a las de GSM.

GSM

En Europa, a partir de 1982, en el seno de la Conferencia Europea de Telecomunicaciones y Postales (CEPT) se vio la necesidad de comenzar con las tareas de definición de un nuevo sistema de comunicaciones móviles que sustituyera a los sistemas analógicos. Las principales razones fueron: conseguir un sistema normalizado en todos los países europeos y buscar una reducción de precios, donde el resultado fue el Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM), que es un sistema digital orientado a la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN). GSM se concibió desde su diseño como una plataforma independiente, que es capaz de brindar alta velocidad en comunicación de datos, faxes y servicio de mensajes (SMS), entre otros servicios. El estándar GSM se centra no sólo en especificar los requerimientos de *hardware* sino de las funciones de la red y sus interfaces.

CDMA

Estándar digital que soporta velocidades de datos de alrededor de 14,4 kbps vía conmutación de paquetes y vía conmutación de circuitos. Es un método de transmisión móvil celular de espectro extendido, que permite a varios usuarios compartir el mismo espectro de radiofrecuencia por asignación de un código único a cada usuario activo.

Conforme a la evolución de la telefonía celular, la de tercera generación presenta las siguientes características principales.

La 3ª Generación de móviles

La llamada 3G, significa un salto enorme respecto de los sistemas actuales. Está diseñada para tener cobertura global, transmisión de datos a alta velocidad a través de técnicas avanzadas de conmutación de circuitos y de paquetes, soporta tecnología IP, lo que da acceso a Internet y, en general, aplicaciones multimedia móviles, con servicios personalizados y basados en la localización de los usuarios.

El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), es uno de los principales sistemas móviles de tercera generación, el cual permite comunicar voz, datos, imágenes, gráficos, video y otra información de banda ancha de manera directa a las personas, que además podrán estar desplazándose de un lugar otro. Asimismo, es capaz de coexistir con la segunda generación de telefonía celular, como es GSM. La técnica de acceso para UMTS es como la técnica que se aplica en la tecnología CDMA de banda ancha, que utiliza el acceso por división de código y portadoras con un ancho de banda de 5 MHz para proporcionar una gran capacidad de comunicación de información.

La 4ª Generación de móviles

Los sistemas 4G proporcionan *roaming* (funcionalidad que permite utilizar los servicios de telefonía celular cuando la terminal se encuentra en una red distinta a la que ha contratado), a través de diferentes tipos de redes, como pueden ser: una red satelital, una WLAN o una red celular, algo que no está al alcance de 3G. Esta capacidad permite acceder a diferentes servicios con un único equipo y una única factura, al mismo tiempo que se mejora la cobertura y la fiabilidad del acceso a la red y se consiguen velocidades de comunicación de datos de 100 Mb/s.

1.2. Servicios

Como parte de los servicios que se pueden ofrecer a los usuarios de telefonía celular digital, con la tecnología GSM, podemos enunciar los siguientes:

a) Servicio de llamada

La red es capaz de localizar y recibir y emitir llamadas incluso desde el extranjero; para que esto se dé se deben realizar una serie de pasos, como son: el de Identificar a la persona llamada, efectuar la localización de dicha persona, dirigir la llamada y asegurarse de que se establece y mantiene dicha conexión lo que dure la conversación, la conexión termina y al usuario que llama se la cobra por el servicio usado, según la modalidad de pago que haya elegido.

En una estación móvil, el establecimiento de la llamada es considerablemente más complicado que en una comunicación por línea fija, ya que permite a los usuarios moverse todo lo que quieran, siempre que permanezcan dentro de un área de cobertura de la red.

En la práctica la red tiene que solucionar tres problemas antes de establecer la llamada:

- Localizar al abonado.
- Conocer al abonado.
- Conocer los servicios requeridos por el abonado.

b) Funciones de movilidad

Para realizar cualquier llamada con un teléfono móvil es necesario que exista comunicación punto a punto entre el usuario que llama y el que es llamado, para ello es necesario que la red conozca la localización de los usuarios en todo momento, y por ello las redes guardan en

distintas bases de datos de movimientos de los usuarios, los de los suyos propios y los de aquellos otros a los que se les preste temporalmente el servicio.

El poseedor de un teléfono móvil, por ser un terminal inalámbrico, puede desplazarse de un lugar a otro a la velocidad que quiera (dentro de un límite) y la red tiene que ser capaz de seguir sus movimientos y controlar su posición, por si es llamado en cualquier momento.

c) Localización

El teléfono móvil recibe constantemente información de la red y en esta información está el área donde localizarlo en cada momento. Para mantener localizado al móvil, éste almacena en cada comunicación el número de identificación de la región en que se encuentra para compararla con el número que él tiene almacenado. Si dejan de coincidir, el móvil responde a la red pidiéndole el ID de la nueva región en la que ha entrado. La red recibe la petición y registra al móvil en la nueva área.

d) Traspasos

El traspaso (*Handover*) surge como solución al problema del mantenimiento de la comunicación con una estación móvil que está en movimiento y pasa de una célula a otra. En este caso es necesario establecer una conexión con la nueva célula y liberar la antigua.

Hay dos razones para realizar un traspaso:

- La primera de ellas es que se produzca un desvanecimiento de la señal.
- La segunda de las razones es que la capacidad de tráfico de la célula esté próxima a su límite.

e) Prepago

Los servicios de prepago están creciendo y tomando cada vez más importancia en la industria de las comunicaciones móviles, el usuario apenas necesita hacer una inversión inicial y puede controlar muy bien el gasto, sin tener que hacer contrato alguno.

f) Mensajería instantánea

Es el servicio inalámbrico aceptado globalmente que posibilita el envío y recepción de mensajes de texto hacia y desde teléfonos móviles y a otros sistemas externos, tales como buscapersonas, buzones de voz y diversos dispositivos portátiles, donde el texto pueda contener palabras, números o una combinación alfanumérica de caracteres. El Sistema de Mensajes Cortos (SMS) fue desarrollado para incorporarlo a GSM; se llaman mensajes cortos ya que contienen entre 100 y 250 caracteres de largo (en telefonía celular GSM el límite es de 160 caracteres, 70 si se utiliza otro alfabeto distinto al español, como el chino o el árabe), incluidos espacios en blanco, mientras que CDMA llega hasta 250, generalmente en forma de frases cortas y significativas. El servicio SMS hace uso del Centro de Servicio de Mensajes Cortos (SMSC), que actúa como un sistema de almacenamiento y envío de mensajes cortos. La red proporciona el transporte de mensajes cortos entre el SMS y la Estación Móvil (MS).

Cuando la comunicación de voz no es posible o no la deseamos, la mejor alternativa y más parecida es el mensaje. Algunos consultores pronostican que el volumen de mensajes que circulará por las redes de comunicaciones pronto superará al de la comunicación de voz directa.

Los mensajes cortos de texto de los teléfonos móviles se han convertido, contra todo pronóstico, en una gran fuente de negocio y las operadoras presentan nuevos servicios en torno a esta tecnología, que ya genera en alrededor de un 10% de sus ingresos, ya que por lo general cuesta menos mandar un SMS que mantener una conversación de voz. Lo anterior es debido a que se utilizan los canales de señalización y control, en lugar de los de voz, es por eso que las aplicaciones iniciales de SMS se enfocaron en la eliminación de los buscapersonas, para permitir mensajería de propósito general en dos sentidos y servicios de notificación, principalmente correo de voz, pero conforme la tecnología lo permitió, una gran variedad de servicios se han ido introduciendo, incluyendo integración de fax y correo electrónico.

Una característica a destacar de SMS es que un dispositivo móvil activo puede recibir o generar un mensaje corto en cualquier momento, independientemente de si en ese momento se realiza o no una llamada de voz o datos. Se garantiza la entrega del mensaje corto desde la red terminal y

los fallos temporales se identifican y el mensaje se almacena en la red hasta que el destino esté disponible para aceptarlo.

g) Servicio mejorado de mensajería

El Servicio Mejorado de Mensajería (EMS) es la tecnología que nos permite enviar y recibir una combinación de melodías, imágenes, sonidos, animaciones y texto integrados en un mensaje para ser visualizado en una terminal compatible, sobre las redes actuales GSM o GSM y el Servicio General de Radio por Paquetes (GPRS), que es la mejora de la red central GSM que introduce la transmisión de paquetes de datos. EMS es muy similar al SMS, ya que utilizan los centros SMS (SMSC) para enviar los mensajes. El EMS se creó a partir de que Ericsson presentó esta nueva tecnología ante los comités de estandarización, para que el resto de los fabricantes la adoptara en sus nuevas terminales, con la excepción de Nokia, que dispone y utiliza un estándar propietario.

El contenido multimedia soportado por EMS es:

- Texto formateado. EMS soporta no sólo texto plano, también alineaciones a izquierda, derecha y centro, diferentes tamaños de fuente, negrita, etc.
- Imágenes. EMS soporta tres formatos de imágenes: pequeñas (16x16 *pixels*), grandes (32x32 *pixels*) o tamaño variable. Los estándares recomiendan un tamaño máximo de 96 x 64 *pixels*, pero depende de las características de cada terminal
- Sonidos. Con EMS, existen 10 sonidos predefinidos diferentes.
- Animaciones. Las imágenes en movimiento están soportadas por EMS en dos tamaños, el pequeño (8x8 *pixels*) y el grande (16x16 *pixels*).

h) Servicio de mensajería multimedia

El Servicio de Mensajería Multimedia (MMS) permite transmitir mensajes que contengan texto, gráficos, imágenes, sonido e incluso video entre MS's, utilizando altas velocidades de transmisión que nos permite GPRS y la tasa de datos mejorada para la evolución mundial

(EDGE). EDGE es una técnica mejorada de modulación de radio para GSM, que amplía los intervalos de tiempo. Los MS's con MMS incorporan un editor que permitirá a los usuarios crear y editar los contenidos de sus mensajes multimedia, los usuarios podrán realizar mensajes al estilo PowerPoint o componer postales digitales para enviárselas a sus clientes o amigos.

i) Comunicaciones Personales

Comprende todos aquellos servicios que un individuo utiliza de forma personalizada para establecer comunicación con otras personas o máquinas, entre estos servicios se encuentra los vocales, videoconferencia, correo electrónico, mensajes cortos, acceso a Internet, sincronización de la agenda, etc.

j) Servios de Información tipo *Pull*

Son los servicios utilizados para obtener, bajo demanda, los siguientes servicios: noticias, directorios telefónicos, resultados deportivos, estado del tiempo, etc.

k) Servicios de Información tipo *Push*

Este tipo de servicios están relacionados con la información que se recibe a través del medio de comunicación sin solicitud previa de la misma, como es la publicidad y las alarmas sobre algún evento.

l) Comercio electrónico

Corresponde a los servicios relacionados con el comercio electrónico (*e-commerce*), en los que se produce un intercambio de bienes y servicios utilizando como medio de pago el teléfono móvil: banca, compra de entradas, subastas, juegos, pagos, etc.

m) Servicios de redes virtuales

Son los servicios que se ofrecen a los componentes de redes privadas virtuales, se trata en su gran mayoría de aplicaciones diseñadas expresamente para determinadas corporaciones o colectivos.

n) Audiovisuales/Entretenimiento

Servicios enfocados a la ocio con alto contenido audiovisual: video y fotos bajo demanda, música, video juegos, etc. Son exclusivos de 3G, la única capaz de proporcionar gran ancho de banda.

ñ) Servicios máquina a máquina

Se incluyen en este apartado todos aquellos servicios que utilizan la red de comunicaciones móviles para establecer un enlace entre dos máquinas que, normalmente, incluirá la comunicación entre dos sistemas de proceso sin intervención humana directa. Su utilización se da en terminales punto de venta, monitorización y mantenimiento a distancia, máquinas dispensadoras de bebidas y tabaco, alarmas, supervisión de flotas de vehículos, localización de vehículos desaparecidos, pagos de peajes, etc.

1.3. Aplicaciones

Las aplicaciones que mencionaremos en este apartado son basadas en la tecnología GSM y UMTS, ya que consideramos que son los sistemas actuales de telefonía celular, y en los cuales nos enfocamos con mayor énfasis.

Algunas de las aplicaciones que se tienen operativas en la red GSM son las siguientes:

a) SMS

Los SMS fueron inicialmente diseñados para soportar mensajes de tamaño limitado, en la mayoría de los casos notificaciones o páginas alfanuméricas, pero se han descubierto nuevos usos, como son: servicios de notificación, interconexión de redes, interconexión de redes de búsqueda, servicios de información, servicios de datos móviles, atención a clientes y administración, servicios de localización y servicios de tele-voto.

En los siguientes puntos se mencionan algunas características importantes de estas aplicaciones:

- Servicios de notificación. Los servicios de notificación son unos servicios SMS ampliamente utilizados, un ejemplo de servicios de notificación usando SMS son los mensajes de notificación de correo de voz, notificación de correo electrónico, recordatorio de citas, horario de reuniones, etc.
- Interconexión de redes de correo electrónico. Los servicios de correo electrónico existentes pueden ser fácilmente integrados con SMS para proveer correo electrónico a la mensajería corta.
- Interconexión de redes de búsqueda. Servicios de búsqueda integrados con SMS pueden permitir a los abonados inalámbricos digitales ser accesibles a través de interfaces de búsqueda existentes en otras redes.
- Servicios de información. Se pueden proporcionar una amplia variedad de servicios de información, incluyendo partes meteorológicos, información de tráfico, información de entretenimiento, información financiera y directorios.
- Servicios de datos móviles. Los datos inalámbricos pueden ser servicios interactivos donde las llamadas de voz estén involucradas, algunos ejemplos de este servicio son:

despachos rápidos, manejo de inventarios, confirmación de itinerarios, procesamiento de órdenes de ventas.

- Atención a clientes y administración. El SMS también puede ser usado para transferir datos binarios que pueden ser interpretados por la estación móvil, sin ser presentados al cliente.
- Servicios de localización. La habilidad de rastrear la localización de un objeto móvil o de un usuario es muy valiosa, tanto para los proveedores como para los clientes. Esta aplicación, de nuevo, sólo necesita el intercambio de pequeñas cantidades de información, tales como la longitud y la latitud en un momento dado del día.
- Servicios de tele-voto. Resulta fácil la votación a través de SMS, participar en sorteos, dirigiendo un texto a un número de móvil.

Para los servicios de UMTS:

a) Audio

Cuando hablamos de audio nos referimos típicamente a canciones y no a la voz, canciones que pueden ser descargadas de la red, almacenadas y escuchadas más tarde, o mientras se descargan sin necesidad de grabarlas, aunque este último caso su calidad será algo inferior, ya que al realizar un proceso en tiempo real se necesita una alta velocidad de acceso y de proceso, algo que no siempre es posible obtener en equipos reducidos, como son los teléfonos móviles.

b) Voz sobre Internet

Otra de las aplicaciones de audio para 3G es la Voz sobre IP (VoIP), que ya se ofrece sobre las redes fijas. La facilidad para encaminar llamadas telefónicas sobre Internet proporciona gran ventaja al suponer un menor costo, ya que en este caso todas son consideradas llamadas locales. Con la 3G, o incluso antes, con EDGE, ya es posible tener VoIP en los teléfonos

móviles, aunque este servicio no se puede considerar como una sustitución del tradicional, ya que su calidad va a ser siempre inferior debido a los retardos propios de Internet y a la pérdida de paquetes que pueda haber.

c) Imágenes fijas

Las imágenes fijas, tales como fotografías, postales, tarjetas de felicitaciones, presentaciones, páginas Web, etc., pueden enviarse y recibirse en un tiempo aceptable sobre redes móviles, lo mismo que sobre redes fijas, si se dispone con un ancho de banda mínimo en donde hay dos variables que afectan a esta aplicación: ancho de banda y tiempo, ya que cuanto mayor es el ancho de banda menos tiempo requiere para su envío, y viceversa.

d) Imágenes en movimiento

Enviar y recibir imágenes en movimiento es una de las aplicaciones que más va a destacar entre todas y la que va a hacer que se distingan los sistemas de 3G de sus predecesores y ahí se pueden encontrar múltiples utilidades a esta aplicación, tanto para cubrir el ocio y la diversión como otras relacionadas con actividades profesionales. Múltiples mercados verticales se pueden aprovechar de esta aplicación de manera inmediata, permitiendo el contacto entre personas en distinto lugar y evitando la necesidad de desplazarse.

e) Ambiente local virtual

Permite que los usuarios disfruten de sus desplazamientos por distintos países o distintas redes móviles de los mismos servicios, presentados de la misma manera, que tienen con su operador habitual, haciéndoles sentir como si estuvieran en su casa o en su oficina. En un principio, este servicio está destinado a los usuarios que se desplazan habitualmente fuera del entorno que cubre su proveedor de servicios, y cada vez constituyen un grupo más numeroso.

f) Agentes electrónicos

Los agentes electrónicos conforman una tecnología que jugará un papel importante, en cuanto a que se les podrá encargar búsqueda y otras tareas a realizar sobre Internet y devolver los resultados a sus propietarios, siendo una manera eficiente de obtener cosas hechas mientras nos movemos, es por eso que la definición de un agente electrónico es un programa móvil que puede ir a sitios de Internet y realizar las tareas que se les haya encargado su propietario: buscar servicios de información, enviar y recibir mensajes, etc.

g) Descarga de *software*

Con la 3G y la alta capacidad que nos ofrece, ya no va a ser ningún problema descargar de la red aquellas aplicaciones que necesitamos del servidor para que nos ofrezca un mejor servicio, ya que la descarga de software tiene varias ventajas, ya que se pone a nuestra disposición un gran número de aplicaciones, pagamos por el uso que hacemos de ellas y podemos utilizar siempre la última versión disponible.

1.4. Espectro radioeléctrico

El Espectro Electromagnético es la porción del espacio ocupado por las ondas de radio, y está compuesto por ondas radioeléctricas de luz infrarrojas, rayos x, luz visible y rayos gama. Éstas se diferencian por su frecuencia y su longitud de onda, conforme aumenta la frecuencia las ondas de radio se propagan más en línea recta, las características de estas ondas de radio se establecen a continuación:

- A frecuencias bajas, las ondas de radio cruzan bien los obstáculos pero tienen gran atenuación en grandes distancias.
- A frecuencias altas, las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y a reflejarse en los obstáculos.

- En todas las frecuencias las ondas de radio se ven afectadas por interferencias naturales como artificiales.

Las frecuencias radioeléctricas no son de libre uso, sino que cada banda se asignan por un organismo que tiene competencia en la materia, de tal forma que se haga un uso, lo mejor posible de ellas, se eviten interferencias entre distintos sistemas y se reserven algunas bandas para aplicaciones específicas, como son los servicios públicos, servicios de emergencia, aplicaciones militares, etc. En el caso de México, el organismo que regula la asignación de bandas del espectro radioeléctrico es la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL).

Las aplicaciones del uso de las frecuencias pueden variar de regiones geográficas a otras, ya que el mundo se ha dividido en 3 (Región 1: Europa y África; Región 2: América; Región 3: Asia y Oceanía).

En el siguiente capítulo se revisarán los conceptos de telefonía celular, así como sus elementos y características.

2. CONCEPTOS DE TELEFONÍA CELULAR

En el presente capítulo se explican los principales conceptos de la telefonía celular y su funcionamiento, el método de acceso a la red, la movilidad y los distintos casos en que se pueden realizar llamadas.

2.1. Introducción a los conceptos de telefonía celular

La radiotelefonía tradicional fue evolucionando hacia el concepto de telefonía celular con base en dos objetivos: mejorar la calidad de los servicios que son ofrecidos e incrementar la capacidad del número de usuarios de la red. Esto se logra a través de la división de la red en áreas geográficas, que a su vez se dividen en células hexagonales que se definen por patrones de tráfico, esto se puede observar en la figura 2.1. A estas células se les asignan un grupo de frecuencias (canales), que son compartidas para optimizar la utilización del espectro radioeléctrico. En dicha asignación se debe tener en cuenta que las células adyacentes no usen las mismas frecuencias ya que se generarían interferencias, pero células que estén separadas geográficamente sí las pueden emplear. A este concepto se le denomina reutilización de frecuencias.

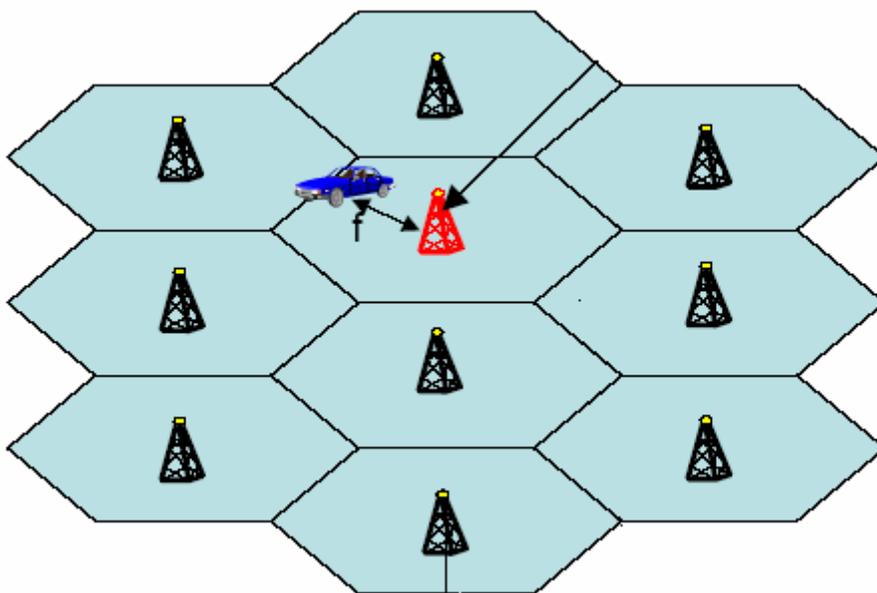


Figura 2.1. Células hexagonales y estaciones base.

A nivel general, la telefonía celular opera de la siguiente manera: cuando un usuario activa su teléfono, se realiza un proceso de búsqueda por el canal de control para identificar un canal de

voz con buena recepción, esta búsqueda se realiza cuando el teléfono no se está utilizando en una transmisión de voz o datos. Una vez identificado el canal que será utilizado, el teléfono celular se considera inicializado y listo para establecer una comunicación. Después de esto, se envía el número seleccionado, correspondiente al destinatario de nuestra comunicación, hacia un conjunto de transmisores de radio frecuencia, ubicados en cada célula. La ubicación de estos transmisores de radio frecuencia se llaman estaciones base, debido a que como lo mencionamos con anterioridad éstas están distribuidas sobre un área de cobertura del sistema y son administrados por un controlador de sitio de células, los cuales a su vez manejan las funciones de conmutación, procesamiento y establecimiento de llamadas, así como la realización de las mismas, lo que incluye señalización, supervisión y distribución de los canales.

2.2. Consideraciones generales de la telefonía celular

Como lo mencionamos anteriormente, los sistemas celulares se forman al dividir el territorio al que se pretende dar servicio en células, normalmente hexagonales. El hexágono es el polígono regular que presenta una mayor superficie de célula, más que los cuadrados o los triángulos, por lo que al utilizarlos el número de células necesario, para cubrir un área será el mínimo. Las células circulares no son válidas, ya que sus bordes no se traslapan y por lo tanto quedan zonas sin cubrir; si se traslaparan se producirían interferencias entre canales.

En la configuración hexagonal descrita, lo más común es que en cada emplazamiento alrededor de una estación base haya tres células hexagonales y no una sola. La razón para elegir células hexagonales es que el retículo que forma la relación entre el perímetro y la superficie es mínima, lo que disminuye el número de *handover* que se produce cuando un teléfono celular se desplaza aleatoriamente por las células. La razón de utilizar tres células en lugar de una sola es conseguir una mayor eficacia en el uso de la frecuencias y evitar interferencias. En las siguientes secciones se describen los elementos más importantes de la cobertura de telefonía celular, que son:

- Antenas.
- Reutilización de frecuencias.

- Evaluación de la cobertura y capacidad del servicio.
- Eficiencia espectral.

2.2.1. Antenas

Expresado de una manera simple, se dice que una antena emisora de ondas electromagnéticas es un circuito oscilante abierto que irradia energía, alcanzando distancias muy grandes. El elemento radiante es también capaz de captar energía que, tras ser amplificada convenientemente, llega al receptor y puede ser tratada para su utilización.

En la telefonía celular, las antenas emisoras/receptoras se ubican en el punto común de las tres células y no en el centro de cada una de ellas. En general, es posible utilizar dos tipos de antenas, como lo muestra la figura 2.2.

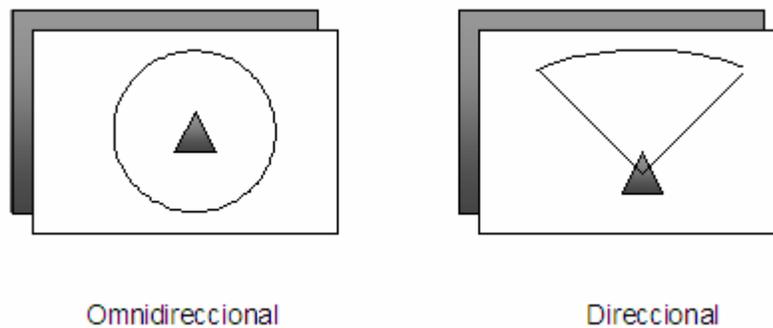


Figura 2.2. Tipos de antenas utilizadas en las estaciones base.

Una estación base equipada con una antena omnidireccional, transmite prácticamente igual en todas las direcciones, por lo tanto el área cubierta será circular. La representación gráfica de este tipo de célula es mediante un hexágono.

Para una estación base equipada con antenas direccionales, la celda es dividida en sectores. A cada sector le corresponde una antena y se le asigna un grupo de frecuencias distintas entre sectores de una misma célula.

La sectorización implica *handover* entre los sectores de una misma celda. Existen tres tipos de sectores básicos que se manejan mediante antenas direccionales como lo muestra la figura 2.3., la de sectores de 180° (dos antenas), la de sectores de 120° (tres antenas) y por último la de sectores de 60° (seis antenas). De estas sectorizaciones, la más común es el que tiene 3 sectores, ó tres antenas.

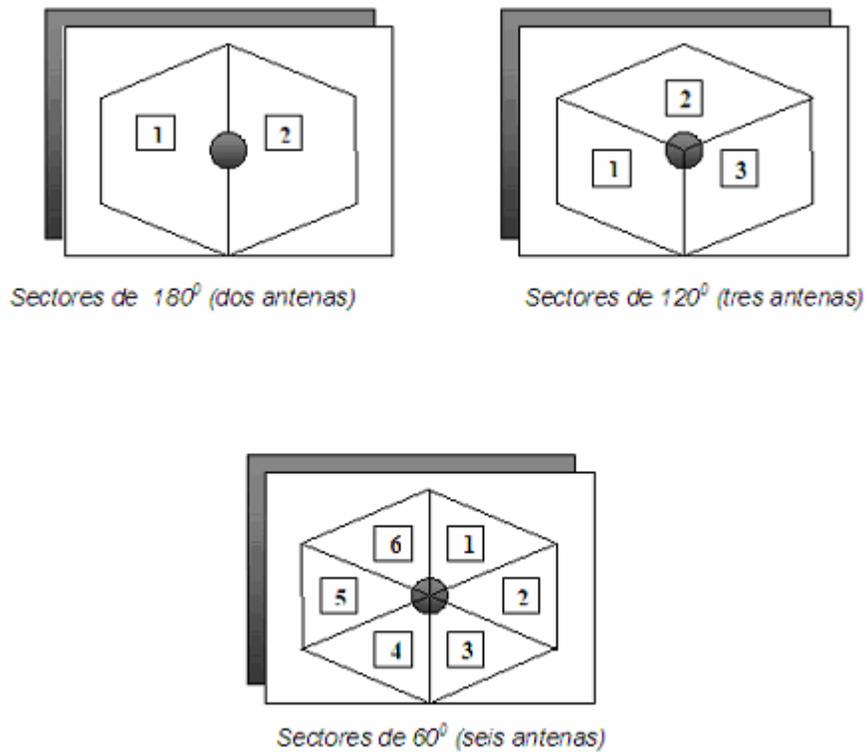


Figura 2.3. Tipos de antenas direccionales.

2.2.2. Reutilización de frecuencias

La reutilización de frecuencias consiste en el uso de canales de la misma frecuencia para cubrir distintas áreas geográficas, que deben tener una separación (D) entre ellas, esta separación deberá ser la adecuada para que no afecte la interferencia entre canales. La interferencia es el término empleado para designar una señal no deseada en el receptor. La separación (D) que debe existir está dada por la siguiente ecuación:

$$D = R\sqrt{3N} \quad (2.1.)$$

Donde:

D : Separación para evitar interferencia.

R : Radio de la célula con estructura hexagonal.

N : Número de células del grupo de células.

A través de la reutilización de frecuencias, un sistema celular que proporcione servicio en una zona geográfica dada, podrá llevar a cabo un número de llamadas mayor que el número de frecuencias utilizadas. El motivo por el cual el número de llamadas simultáneas excede el número de canales depende de varios factores y particularmente del número de células en que se haya dividido el territorio y la manera en que se agrupen éstas. Esta agrupación se conoce como cluster, la cual es mostrada en la figura 2.4. y es la que va a fijar el patrón de reutilización del conjunto de frecuencias disponibles. La estructura celular facilita el estudio de la reutilización de canales, los efectos de las diferentes interferencias que se pueden presentar, la asignación de canales por célula y el dimensionamiento geográfico de las estaciones base.

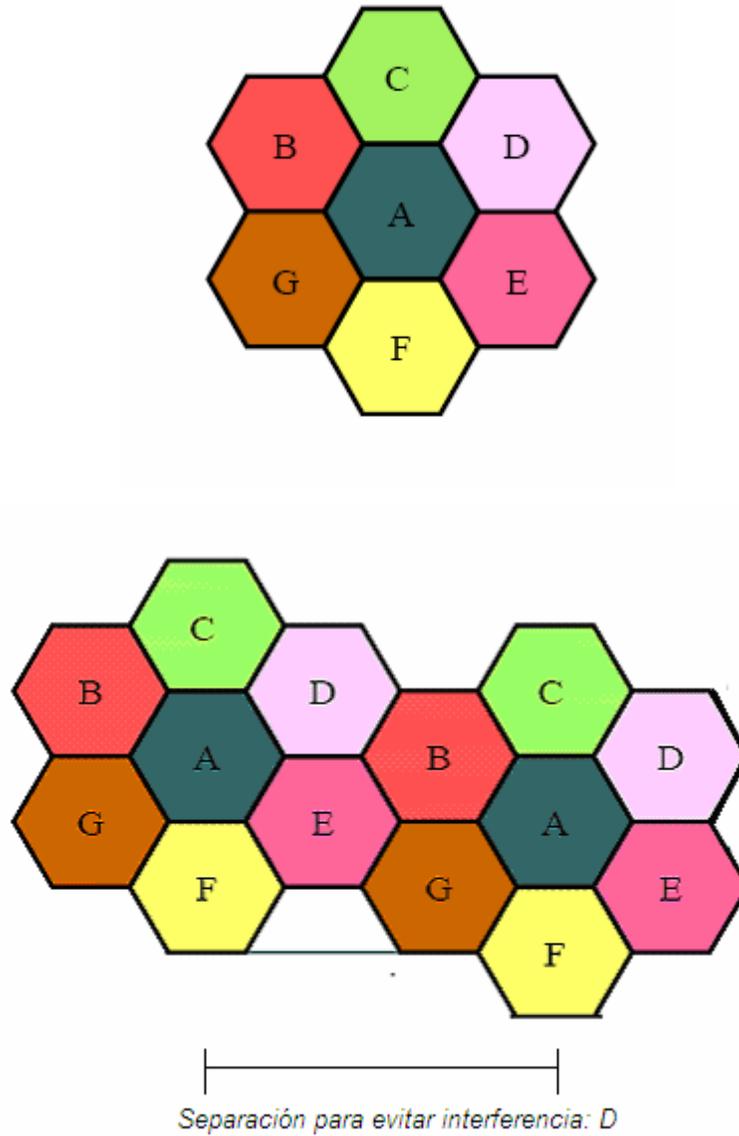


Figura 2.4. Cluster.

Una consecuencia derivada de la estructura celular es la sectorización. A medida que la demanda de usuarios aumenta en una zona geográfica, está se sectoriza, de modo que con la misma estación base y usando antenas direccionales, se logra aumentar el número de canales que soporta el sistema y se disminuyen interferencias.

El proceso de subdivisión celular tiene su límite, que está fijado por la carga de procesamiento del sistema y por las distancias que existen entre las Estaciones Base, que en la práctica resulta en un tamaño mínimo comprendido entre 500 y 1000 metros para zonas urbanas.

2.2.3. Evaluación de la cobertura y capacidad del servicio

El número de estaciones base necesario para cubrir un determinado territorio viene dado no sólo por la extensión y orografía del mismo, sino también por el número de usuarios por atender. El número de comunicaciones que una estación base soporta simultáneamente es limitado, por lo que, si en un área determinada se espera un aumento en la densidad de llamadas de los teléfonos celulares, será preciso establecer un mayor número de estaciones base, a fin de que se repartan el número de llamadas entre ellas.

El objetivo del diseño de la cobertura de cualquier sistema celular pretende que el mayor número de abonados puedan establecer llamadas de una manera aceptable para el espectro radioeléctrico disponible y además que el costo de la red sea suficiente para proporcionar un servicio satisfactorio a dicho número de abonados.

2.2.3.1. Técnicas de asignación del canal

En sistemas FDMA y TDMA se utiliza el concepto de reutilización de frecuencias, en el cual el mismo canal es utilizado por distintas terminales en diferentes células, con la única restricción de mantener el nivel de interferencia por debajo de un umbral mínimo.

En CDMA no aplica el concepto de reutilización de frecuencias, debido a que cada usuario transmite sobre la misma banda de frecuencia de manera simultánea, pero utilizando una secuencia pseudoaleatoria para distinguirse.

En los sistemas móviles existen dos técnicas de asignación de los canales de radio a las estaciones móviles:

- Asignación de canal fija (FCA).
- Asignación de canal dinámica (DCA).

Para un sistema con un determinado grado de servicio y calidad de transmisión, la técnica de asignación provee un compromiso entre la eficiencia del uso del espectro y la complejidad de la implementación.

Los sistemas celulares que utilizan FCA tienen un cierto número de canales que son asignados de manera fija a un grupo de celdas, esta asignación dependerá de la densidad de tráfico en cada celda.

Por otra parte, la asignación DCA es la asignación de canales que ocurre basado en la demanda de tráfico de las células, es decir no existe una planeación fija. Se tiene un grupo de frecuencias para todo el sistema y las asignaciones se hacen y se modifican en tiempo real. La interferencia se minimiza haciendo evaluaciones en tiempo real acerca del canal más adecuado para ser asignado.

2.2.3.2. Capacidad de servicio

La capacidad del servicio se caracteriza por el tráfico soportado por la red.

Para el cálculo de la capacidad de servicio de un sistema TDMA se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_u = \frac{n_b \mu}{V_f} \cdot \frac{B_w}{RN} \quad (2.2.)$$

En donde:

N_u : Número de usuarios móviles/celda.

n_b : Factor de eficiencia de ancho de banda.

μ : Eficiencia de **bit** (igual a 2 para QPSK).

V_f : Factor de actividad de voz (igual a 1 para TDMA).

B_w : Ancho de banda del sistema en un sentido.

N : Factor de reutilización de frecuencias.

R : Velocidad binaria de la información más encabezado.

Mientras que para un sistema CDMA, el cálculo de la capacidad de servicio de está dado por la siguiente ecuación:

$$N_u = \frac{n_f n_b C_d G}{V_f} \cdot \frac{B_w}{R(E_b/I_o)} \quad (2.3.)$$

En donde:

n_f : Eficiencia de reuso de frecuencia.

C_d : Factor de capacidad de degradación para tomar en cuenta APC imperfecto.

G : Número de sectores en una celda.

E_b : Energía por *bit* de la señal deseada.

I_o : Relación energía *bit* a interferencia.

Como ya lo hemos mencionado, un parámetro importante en la determinación de la capacidad de servicio es el tráfico, por lo tanto, definiremos los tipos de tráfico que nos serán de útiles en el presente trabajo: tráfico ofrecido, es la intensidad de tráfico generado por los usuarios o abonados de una red; tráfico transportado, es la intensidad de tráfico actualmente atendida por los elementos del sistema celular.

La diferencia entre los tráficos mencionados nos proporciona el tráfico que experimentó bloqueo o congestión, con base en esto surge un nuevo concepto que es el grado de servicio (GOS). El GOS es el porcentaje de tiempo en que una persona por algún motivo no puede realizar llamadas, se recomienda que no sea mayor al 2%. También es conocido como porcentaje de llamadas bloqueadas. El porcentaje complementario se denomina porcentaje de confiabilidad de la red, que debe ser del 98% como mínimo. Por lo antes expuesto, es importante definir el

número de usuarios que habrá por celda, esto se puede calcular dividiendo la capacidad de tráfico de una celda para un cierto grado de servicio entre el tráfico generado por un usuario a la hora pico.

2.2.4. Eficiencia espectral

Otro parámetro que es importante en la telefonía celular es la eficiencia espectral, la cual depende de la técnica de acceso.

En el caso del sistema FDMA, la eficiencia espectral de acceso está determinada por la siguiente ecuación:

$$N_a = \frac{B_c S}{B_w} \quad (2.4.)$$

En donde:

N_a : Eficiencia espectral de acceso FDMA.

S : Número de canales del sistema en el área cubierta.

B_c : Ancho de banda por canal de RF.

B_w : Ancho de banda total del sistema.

Para los sistemas TDMA tenemos la eficiencia espectral de acceso múltiple en banda ancha y la en banda angosta. La primera está dada por la siguiente ecuación:

$$N_a = \frac{\tau M_t}{T_f} \quad (2.5.)$$

En donde:

τ : Duración de un *time slot*.

T_f : Duración de una trama.

M_t : Número de *slots* por trama.

Mientras que la eficiencia espectral de acceso múltiple de banda angosta está dada por la siguiente ecuación:

$$N_a = \frac{\tau M_t}{T_f} \cdot \frac{B_u N_u}{B_w} \quad (2.6.)$$

En donde:

B_u : Ancho de banda de un usuario durante su *time slot*.

N_u : Número de usuarios que comparten el mismo *time slot* en el sistema pero tienen acceso a diferentes sub-bandas de frecuencias.

2.3. El sistema europeo GSM

Uno de los sistemas celulares digitales exitosos es el GSM, en éste está basado el presente trabajo. GSM es un sistema basado en la tecnología TDMA, lo que permite utilizar un único transmisor de la estación base para varias llamadas. GSM ofrece un menor costo y presenta un control sofisticado de la interfaz de radio. GSM es el intento europeo de unificar los distintos sistemas móviles digitales y sustituir a los analógicos en uso. GSM se planteó como un sistema multioperador, fue diseñado con la posibilidad de que varios operadores pudieran compartir el espectro radioeléctrico. Así, la señalización y las interfaces permiten que el abonado pueda elegir la red a la que desea conectarse. Desde el punto de vista técnico, se ha logrado que GSM sea un estándar europeo, que prácticamente se ha convertido en un estándar mundial. Fuera de Europa, GSM se aplica en muchos países, incluyendo a los Estados Unidos, donde se conoce como PCS. Cabe comentar que los costos de las estaciones base y las centrales de conmutación son sensiblemente inferiores a las del sistema analógico; se especifican una serie de interfaces internas al sistema que permite a los operadores seleccionar los fabricantes que ofrezcan mejores soluciones parciales, sin tener que estar con un solo proveedor.

Los antecedentes GSM son:

- 1982: El CEPT inicia el nuevo sistema GSM.
- 1985: El CEPT concreta las fechas para su desarrollo y lanzamiento.
- 1986: El CEPT prueba ocho sistemas experimentales en París.
- En 1987 se establecieron las frecuencias a utilizar:
 - 890-915 MHz de subida (uplink – desde el móvil a la estación base).
 - 935-960 MHz de bajada (downlink – desde la estación base al móvil).
- 1988: El Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), crea un grupo de trabajo dedicado a GSM.
- 1989: Se emiten las recomendaciones y especificaciones finales de la fase 1, 8,000 páginas.
- El primero de Julio de 1991 se realiza la primera llamada oficial con un móvil GSM.
- 1992: Se hace una nueva asignación de frecuencias:
 - 1.710-1.785 MHz de subida (uplink – desde el móvil a la estación base).
 - 1.805-1.880 MHz de bajada (downlink – desde la estación base al móvil).
- 1996: Desarrollo de la fase 2.
- 1997: Conclusión de las especificaciones de la fase 2+.

El grupo GSM definió una serie de requisitos básicos que debían ser cumplidos, de los cuales destacan los siguientes:

- Cobertura internacional.
- Tecnología digital.
- Gran capacidad de tráfico.

- Utilización eficiente del espectro radioeléctrico.
- Empleo de sistemas de señalización digitales.
- Servicios básicos de voz y datos.
- Posibilidad de conexión con la ISDN.
- Seguridad y privacidad en la interfaz radio con encriptación de la transmisión.
- Utilización de teléfonos portátiles.
- Terminales personalizables.
- Calidades altas de cobertura y de señal recibida.

Las especificaciones de GSM, elaboradas y editadas por el ETSI, comprenden más de 5,000 páginas y se dividen en series que se ocupan de temas específicos, que son los que se presentan en la tabla 2.1.

Serie	Tema
01	Cuestiones generales
02	Aspectos de servicio
03	Aspectos de red
04	Interfaz y protocolos MS-BS
05	Capa física de radio
06	Codificación de voz
07	Adaptadores de terminal para MS
08	Interfaces BS-MSC

Tabla 2.1. Secciones de las especificaciones de GSM. (Continúa)

09	Interfuncionamiento de redes
10	Especificaciones de homologación
11	Operación y mantenimiento

Tabla 2.1. Secciones de las especificaciones de GSM.

Parámetro	Valor
Ancho de banda del sistema B_w	50 MHz
Ancho de banda por canal B_c	200 kHz
Método de acceso	TDMA
Número de usuarios/canal de RF	8
Velocidad de modulación	270.833 kbps
Velocidad efectiva/usuario	33.854 kbps
Modulación	GMSK BT=0.3
Eficiencia de ancho de banda	1.35 b/s/Hz
Codificación de Voz	13 kbps, RPE-LPC
Codificación de voz + FEC	22.8 kbps
Saltos de frecuencia (FH)	217 hop/s
DTX y VAD	Sí
Máximo radio de celda	35 km

Tabla 2.2. Principales especificaciones técnicas de GSM.

2.4. Elementos del sistema celular y su funcionamiento

La presente descripción se basa en la red que actualmente tiene mas auge, que es la red GSM. Esta red está dividida básicamente en 3 sistemas: el Sistema de Conmutación(SS), el Sistema de Estaciones Base (BSS) y las Estaciones Móviles(MS). La interconexión de estos tres sistemas se muestra en la figura 2.5. y sus funciones serán descritas en esta sección.

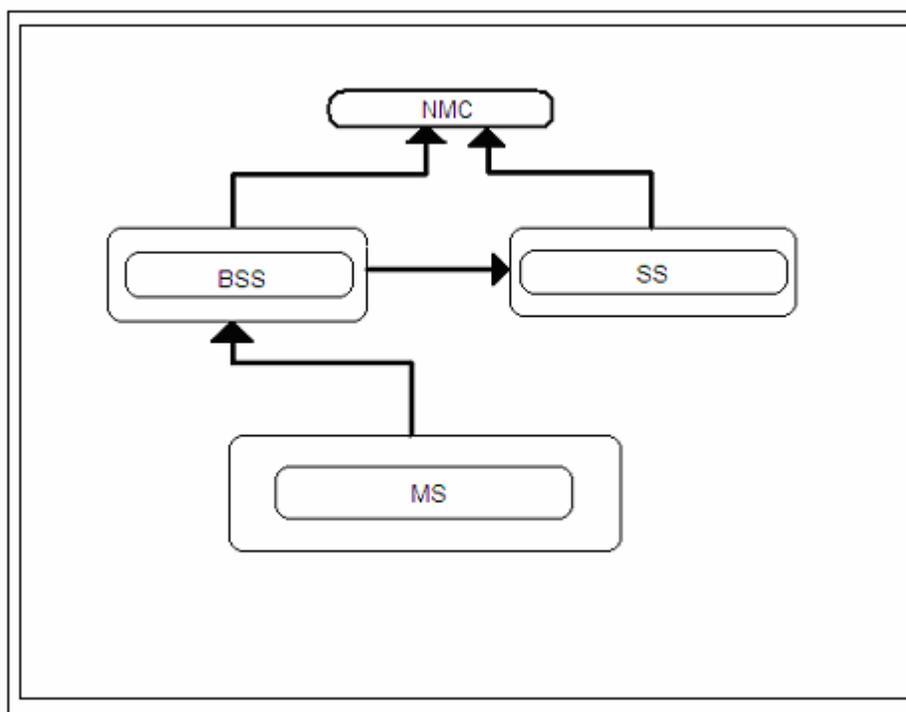


Figura 2.5. Interconexión de los sistemas que integran una red celular.

Los componentes incluidos en éstos tres sistemas pueden ser supervisados y operados desde algún Centro de Administración de la Red (NMC).

2.4.1. Sistema de Conmutación

El Sistema de Conmutación es el encargado de llevar a cabo el análisis del número marcado por el abonado celular y enrutar la llamada al destino final. Para que esto sea posible se tienen enlaces dedicados conectados desde este sistema hacia otras Centrales de Conmutación Móvil (**MSC**) como lo muestra la figura 2.6. y a la Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN).

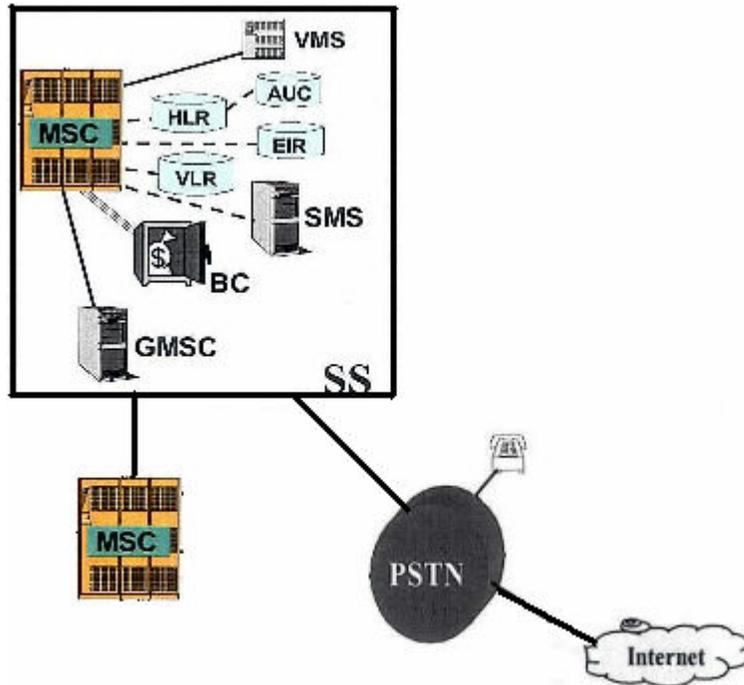


Figura 2.6. Sistema de Conmutación.

El Sistema de Conmutación está constituido por los siguientes elementos físicos (hardware) y lógicos (software):

Hardware

- Central de Conmutación Móvil (MSC).
- Sistema de Mensajes de Voz (VMS).
- Sistema de Mensajes Cortos (SMS).

- Centro de Facturación (BC).
- Puerta de Enlace de Central (GMSC).

Software

- Registro de Ubicación Origen (HLR).
- Registro de Ubicación de Visitantes (VLR).
- Centro de Autenticación (AUC).
- Equipo de Registro de Identidad (EIR).

En las siguientes líneas se explican brevemente las funciones que cada uno de estos componentes desempeñan:

Central de Conmutación Móvil (MSC). Esta central desempeña las funciones de conmutación telefónica en una red. Aquí normalmente se cuenta con los accesos hacia otras redes de voz y datos (PTSN, redes privadas de voz /datos y otras redes móviles).

Sistema de Mensajes de Voz (VMS). Es un servicio a través del cual se brinda a un suscriptor la facilidad de contar con un buzón de voz, en el cual le pueden dejar grabados mensajes verbales en el momento que su teléfono esté apagado o fuera de servicio.

Sistema de Mensajes Cortos (SMS). Es un servidor que ofrece el servicio de valor agregado a nuestros suscriptores de intercambiar mensajes de texto pequeños. Éste fue uno de los primeros servicios de datos integrados en una red comercial de comunicaciones móviles.

Centro de Facturación (BC). Ofrece la funcionalidad de llevar el postproceso de todos los registros de facturación de los suscriptores de renta mensual ó postpago; calculando, con base de todas las llamadas realizadas por el suscriptor, el costo monetario equivalente a ser cubierto en el periodo de cobro. Genera además la factura correspondiente.

Puerta de Enlace Central (GMSC). Este sistema permite hacer consultas en el registro de ubicación origen (HLR) para hacer posible el enrutamiento de una llamada proveniente de otras

redes hacia un suscriptor móvil y/o poder enrutar un abonado móvil de su red origen hacia redes externas.

Registro de Ubicación Origen (HLR). Es una base de datos donde se encuentra almacenada toda la base de datos para la administración de los suscriptores móviles de la red, desde que se agrega a la red que le provee el servicio hasta el momento que cancela su suscripción. Los datos almacenados principalmente, son:

- Identidad del suscriptor.
- Servicios suplementarios a los cuales tiene derecho el suscriptor.
- Información del área de suscripción del usuario.
- Información de Autenticación del usuario.

Registro de Ubicación de Visitantes (VLR). Es una base de datos que contiene información acerca de cada uno de los suscriptores móviles que se encuentran actualmente localizados dentro del área de servicio de la MSC. Por lo regular esta base de datos se encuentra colocada dentro del mismo MSC y los registros que se encuentran en ella son de tipo temporal, es decir, mientras que el suscriptor móvil permanece en una de las celdas controlados por el mismo centro de conmutación móvil. A través de esta funcionalidad es posible que cualquier suscriptor móvil visitante (abonados de la red adscritos a otra área de servicio, abonados de otros operadores, etc.) obtenga servicio automáticamente al encender su MS, y al ser captada por la MSC. El VLR consulta la información, tanto de los abonados locales como de los visitantes, en los registros HLR involucrados y realiza una copia de estos datos en sus registros, logrando con ello dar continuidad al servicio.

Centro de Autenticación (AUC). Es la parte de la red que evita el fraude debido a la clonación de suscriptores, entre otras razones. El centro de autenticación se conecta a través del HLR, proporcionando una base de datos que contiene parámetros de autenticación asignados por abonado, evitando con ello el uso indebido de los servicios móviles, cuando los códigos o parámetros encriptados no coinciden con los del suscriptor original.

Equipo de Registro de Identidad (EIR). Es una base de datos adicional que contiene cierta información de la identidad del MS, la cual permite bloquear llamadas del MS robado, defectuoso o no autorizado, vía la Identificación de Equipo Móvil Internacional (IMEI). Esta base de datos es un buen auxiliar debido a lo complejo que resulta en GSM (por la separación que existe entre suscriptor-equipo) el poder realizar el bloqueo automático de suscriptores. EIR es una funcionalidad opcional dentro de GSM, por lo que no todas las redes cuentan con ella.

2.4.2. Sistemas de Estaciones Base

Mediante los Sistemas de Estaciones Base (BSS) se efectúa el acceso a la parte de Radio (Interfaz de aire hacia el suscriptor) y la conmutación de esta información hacia el SS, como lo observamos en la figura 2.7.

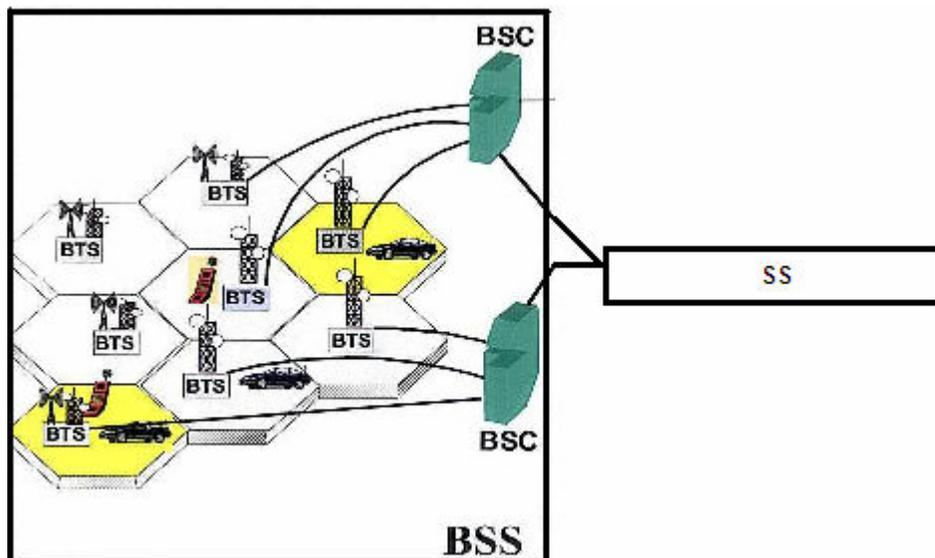


Figura 2.7. Sistema de Estaciones Base.

Los BSS están compuestos por los siguientes equipos:

- Controlador de Estaciones Base (BSC).
- Estación Base de recepción y transmisión (BTS).

Controlador de Estaciones Base (BSC). Éste hace funciones de administración de las estaciones base, realizando la interfaz entre la MSC y las propias estaciones base a su cargo. Algunas de sus tareas principales son las que se enuncian a continuación:

- Realizar el *hand-off* o *handover* de las MSs
- Administrar los datos de las BTSs
- Asignación de los canales de radio
- Obtener datos de desempeño de la parte de radio

Las Estaciones Base de recepción y transmisión (BTS). Son también conocidas como estaciones base o radio bases, y son las que proveen del enlace de radio hacia los MS a través de un grupo de antenas de transmisión o recepción.

2.4.3. Estaciones Móviles

La MS es la terminal móvil o teléfono que cada suscriptor posee para poder hacer uso del servicio de comunicación. Una MS en GSM está constituida por un terminal móvil y por un Módulo de Identidad del Suscriptor (SIM).

Terminal móvil. Es el armazón del teléfono el cual cuenta con el *display* (pantalla), el teclado, los circuitos de transmisión/recepción, la antena y la batería del mismo.

Modulo de Identidad de Suscriptor. A comparación de otros estándares, en GSM el suscriptor está separado de la terminal móvil, esto se hace posible por medio de una pequeña tarjeta, también conocida como “*smart card*” (tarjeta inteligente), que es en donde se almacenan los datos del suscriptor. La SIM es una tarjeta portátil cuya información puede introducirse dentro de la terminal móvil o armazón del teléfono, así, si a un suscriptor se le descompone su terminal móvil podrá seguir haciendo uso de su SIM en otra terminal móvil.

2.5. Movilidad Celular

En la Movilidad Celular (*handover*) el principal objetivo es cubrir mayores áreas, reutilizando las frecuencias disponibles para aumentar la capacidad de tráfico. Ya que la telefonía móvil celular se concibe para satisfacer las necesidades de comunicación telefónica, con movilidad absoluta en entornos urbanos o rurales, esta movilidad implica la necesidad de *handover*, que consiste en el cambio de canal, ya sea de tipo interno o externo, tanto en la terminal como en el sistema, manteniendo activa la comunicación.

En la telefonía celular, la movilidad de los usuarios involucra los efectos de la velocidad del móvil en las características de propagación de la señal, lo que hace que el canal no se mantenga estable y la complejidad de los sistemas deba aumentar para ser capaz de tomar las medidas correctivas para compensarlo.

Existen 4 diferentes tipos de Movilidad Celular (*handover*) en los sistemas GSM, que implican la transferencia de una llamada entre:

- Canales en la misma célula.
- Células (BTS's) bajo el control de diferentes BSC.
- Células bajo el control de diferentes BSC's, pero que pertenecen a un mismo MSC.
- Células bajo el control de diferentes MSC's.

Los primeros dos tipos son llamados *handover* internos, involucran tanto a las BTS como a un mismo controlador de estación base. Los últimos dos tipos de *handover* son llamados externos y son administrados por la MSC.

Para cuando hay una decisión de manejar *handover*, existen dos algoritmos básicos, ambos basados en el control de la potencia. Esto se debe a que la BSC usualmente no conoce cual es la calidad de la señal debido al desvanecimiento por multi-trayectoria o porque el móvil se está moviendo hacia otra célula. El desempeño mínimo aceptable del algoritmo da precedencia al control de potencia sobre la Movilidad Celular (*handover*), de tal forma que cuando la señal se

degrada a un cierto valor el nivel de potencia del móvil es incrementado. El otro método es utilizar la Movilidad Celular (*handover*) para tratar de mantener o mejorar el nivel de calidad de la señal.

El *handover* de canal, dependiendo del tipo de sistema móvil celular, puede ser decidido íntegramente por la propia red, *Handover* Controlado por la Red (NCHO); por la MS, *Handover* Controlado por la MS (MCHO) o por una combinación de ambos, *Handover* Asistido por la MS (MAHO).

En el caso de GSM, la Movilidad Celular (*handover*) es de tipo MAHO. La MS, en estado activo, mide continuamente en el canal descendente la potencia y calidad de señal, en su propia célula y en las portadoras procedentes de las células vecinas, y se lo comunica a la BTS cada 480ms, mientras que la BTS hace lo propio en el canal ascendente. Con estos resultados, la BSC decide si es necesario el traspaso de canal o no, y a qué canal será traspasado.

Cabe comentar que según el tipo de sistema móvil, el *handover* puede ser blando (*soft-handover*) o rígido (*Hard-handover*). En el primer caso, el MS permanece conectado a un canal hasta que se asegura que el nuevo canal está totalmente operando y en ese momento cambia, lo que sucede en los sistemas CDMA, ya que en ellos existe una única frecuencia. En el segundo caso, el cambio se realiza en un momento dado de uno a otro canal (de una frecuencia a otra), sin que los dos lleguen a coexistir en ningún momento. Esto sucede en los sistemas por división de frecuencia y en el tiempo. En el caso de realizar un *handover* blando se requieren más recursos de radio, ya que en el momento de cambio se utilizan, durante un cierto tiempo, dos canales, el actual (que se va a dejar) y el nuevo (que se va a tomar), por lo que el sistema resulta algo menos eficiente.

2.6. Roaming e Interconexión a la red pública

El roaming se define como la habilidad de un abonado para que automáticamente pueda realizar y recibir llamadas de voz, enviar y recibir datos o acceder a otros servicios cuando, está viajando

fuera de su región origen o de su red local, por medio del uso de la red que proporciona el servicio en la región geográfica que el abonado está visitando.

2.6.1. Roaming

Roaming es técnicamente soportado por la administración de movilidad, autenticación y los procedimientos de facturación. El *roaming* es establecido entre las redes de los operadores (y los términos comerciales) y está basado en acuerdos internacionales. Si la red que se visita está en el mismo país que la red local, esto se conoce como *roaming* nacional. Si la red que se visita está fuera del país del abonado, esto es conocido como *roaming* internacional (el término *roaming* global también se utiliza para este caso). Cuando la red visitada opera en un estándar técnico distinto del de la red origen del abonado, esto es conocido como *roaming* inter-estándar.

El *roaming* GSM, que involucra a redes del mismo tipo (GSM), ofrece la conveniencia de un solo número, una sola factura y un solo teléfono con acceso mundial con, 200 países aproximadamente. La conveniencia de este sistema ha sido clave del éxito global de la plataforma GSM. Los mapas de cobertura son un recurso único que contiene información proporcionada y aprobada por los miembros de la asociación GSM (organismo internacional encargado de la regulación de la plataforma GSM).

La red, los servicios y la información de *roaming* son continuamente actualizados para reflejar la continua evolución global. Las personas que continuamente viajan deben consultar con su compañía celular si el lugar a donde planean viajar ofrece cobertura. Esto también puede consultarse en línea mediante el uso de Internet. Existen asociaciones que ofrecen estos servicios en línea y muchas veces, de manera gratuita. En la figura 2.8. podemos ver la cobertura de *Roaming* ofrecido por un operador móvil en la República Mexicana.



Figura 2.8. Sistema de cobertura de roaming.

2.6.2. Interconexión a la red pública

La interconexión es el servicio que ofrece un operador telefónico para poder establecer una comunicación con otros operadores telefónicos. Estos servicios deben ser regulados por un organismo competente para ofrecer un servicio de calidad al abonado, rigiéndose por un tratado comercial y por ciertas características técnicas que permitan establecer la comunicación entre ambas redes.

En el caso de México, dichos servicios son regulados y monitoreados por la COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones).

2.7. Características de la interfaz inalámbrica

El crecimiento rápido e ininterrumpido de los sistemas de comunicaciones móviles, la utilización de nuevas tecnologías y la extensión de su ámbito de aplicación (que han pasado de entornos rurales a áreas urbanas e interiores de edificios) han producido una evolución paralela a los métodos empleados para describir y caracterizar la propagación por canales móviles, así como predecir sus efectos. En este contexto, deben destacarse tres aspectos fundamentales:

- 1) Cobertura zonal, lo que implica la necesidad de realizar predicciones de propagación entre el transmisor y un elevado número de puntos del área de cobertura.
- 2) Multiplicidad de trayectos entre el transmisor y un receptor situado en un punto determinado, como consecuencia de la influencia del terreno.
- 3) Variabilidad de los trayectos, debido al desplazamiento de las terminales móviles, lo que supone la variación con la distancia y con el tiempo de las condiciones de propagación y, en consecuencia, del nivel de la señal recibida.

2.7.1. Propagación de señales de radio

En las comunicaciones móviles, las ondas que llegan a las diferentes posiciones en que puede situarse el receptor encuentra distintas condiciones de propagación en su camino. Además, la señal recibida por el móvil suele ser el resultado de la suma de componentes que se propagan por múltiples trayectos.

La planificación y proyecto de los sistemas de radiocomunicaciones móviles exige la realización de dos actividades relacionadas con la propagación:

- 1) Caracterización del canal móvil en banda estrecha, que equivale a la determinación de la pérdida básica de propagación entre transmisor y múltiples puntos situados en la zona de cobertura. Esta predicción es necesaria para delimitar la región cubierta por un transmisor y para el estudio de la interferencia entre estaciones que reutilicen las mismas frecuencias.
- 2) Caracterización del canal móvil en banda ancha. Cuando la anchura del canal de banda es grande, como ocurre en los sistemas de comunicaciones móviles digitales, además de la predicción de la pérdida básica de propagación, es necesario analizar y modelar los efectos de la propagación multitrayecto, que son muy notables en cierto tipo de entornos (zonas montañosas, áreas urbanas de gran densidad de edificación, etc.). Como consecuencia de la propagación multitrayecto se produce una distorsión en la señal recibida que afecta de modo notable la calidad de funcionamiento de los sistemas móviles.

A continuación mencionaremos algunos de los aspectos más importantes que se toman en cuenta para la propagación de las señales de radio.

Variabilidad de la propagación

La característica más importante de la propagación por canales móviles es la variabilidad de la propagación, consecuencia del carácter zonal de la cobertura y del desplazamiento de las terminales, que se traduce en variaciones del nivel de señal con los emplazamientos y con el tiempo. Por lo tanto, para una potencia transmitida fija, la potencia recibida es una variable aleatoria. La pérdida básica de propagación varía, con la distancia entre el transmisor y el receptor.

Zonas de sombra y visibilidad

En las radiocomunicaciones móviles la distancia de cobertura es función de la distancia de visión óptica; en las fases iniciales de la planificación de un sistema, cuando se prueban posibles emplazamientos para estaciones base o repetidoras, debe realizarse un análisis previo de

visibilidad de la zona deseada desde la ubicación que se está ensayando. La ventaja de este procedimiento es de que si los puntos de interés de la zona (poblaciones, carreteras, etc.) quedan en un alto porcentaje en zona de sombra óptica, se rechaza la ubicación en estudio sin entrar en cálculos radioeléctricos detallados.

Difracción de obstáculos

Para la valoración de las pérdidas por difracción en obstáculos, en primera aproximación, se idealiza la forma de éstos, asimilándolos a una arista o cuña de espesor despreciable o una arista gruesa y redondeada, con un cierto radio de curvatura en la cima. La predicción de las pérdidas se efectúa por separado, según se trate de obstáculos aislados o múltiples.

Propagación multitrayecto

La propagación multitrayecto es el mecanismo básico para la llegada de la energía radioeléctrica a terminales situadas en entornos rodeados de obstáculos. Gracias a esta modalidad de propagación se consigue tener cobertura en puntos recónditos. Como consecuencia del multitrayecto, para una señal transmitida dada, llegan al receptor numerosas componentes o ecos a través de diferentes caminos, con distintas interacciones con los obstáculos interpuestos. Por lo tanto, tales componentes acceden al receptor en tiempos diferentes y con amplitudes y fases aleatorias. La suma de estas componentes se manifiesta como una onda cuya amplitud presenta amplias y rápidas variaciones de nivel a lo largo del recorrido del móvil.

Existen diversos problemas generados por la propagación multitrayectoria, tres de los que más preocupan a los diseñadores son:

- *Esparcimiento por retardo*

Debido a que la señal sigue diferentes trayectorias y cada una de éstas tiene una longitud diferente, las múltiples señales que arriban al móvil tienen diferentes retardos. Debido a este efecto la señal resultante en el receptor sufre un ensanchamiento con respecto a la

original. En sistemas digitales este ensanchamiento produce un traslape entre pulsos y se la conoce como interferencia intersimbólica.

- *Desvanecimiento Rayleigh*

La propagación multitrayectoria también provoca alteración en las relaciones de fase y amplitud de las diferentes señales recibidas. Los desvanecimientos provocados por dichas alteraciones se dice que caen dentro de una distribución estadística conocida como distribución Rayleigh. La profundidad y esparcimiento de los desvanecimientos están relacionados con la frecuencia de onda de radio. Una terminal móvil en movimiento puede cruzar diferentes puntos de desvanecimientos en unos instantes.

- *Corrimientos por efecto Doppler*

En sistemas móviles, debido al movimiento del receptor con respecto al transmisor, se producen variaciones de frecuencia en la señal recibida, a dichas variaciones se les conoce como corrimientos por efecto Doppler. Estas variaciones de frecuencia están relacionadas con la dirección y la velocidad del móvil.

2.7.2. Interferencia

La interferencia es una señal no deseada, suma de ruido y otras emisiones, que llega al receptor y puede producir un efecto molesto, si su nivel llega a estar por encima de algún valor predefinido. Los tipos de interferencia que interesan al presente documento son los siguientes:

- *Interferencia por canal adyacente*

Es la interferencia causada por un canal adyacente y se minimiza mediante la utilización de filtros más selectivos. Debido a los altos costos de filtros selectivos, otra manera de evitar este tipo de interferencia es no permitiendo la utilización de canales adyacentes, como se realiza en la transmisión de televisión masiva.

- *Interferencia por co-canal*

Es la interferencia causada por un segundo transmisor en la misma frecuencia. No puede ser minimizada mediante filtros. Se previene exclusivamente mediante el cuidado de mantener una distancia mínima entre transmisores que se encuentran operando a la misma frecuencia.

2.8. Métodos de acceso al medio y multiplexaje

En las comunicaciones móviles son necesarias las técnicas de multiacceso para poder compartir los escasos recursos de la interfaz de radio por parte de un conjunto de usuarios. Las técnicas de multiacceso son procedimientos de asignación de canales físicos a las estaciones. Se nombra canal físico a la facilidad concedida a un usuario mediante la cual éste puede acceder al sistema. En general, están asociadas con los métodos de modulación utilizados y con la información a transmitir (analógica o digital). Hay tres métodos básicos de multiacceso:

- FDMA
- TDMA
- CDMA

Se hará énfasis al acceso múltiple TDMA por ser la técnica usada por la tecnología GSM, en la que está basado el presente trabajo.

2.8.1. Acceso múltiple FDMA

El método de FDMA se basa en la separación en frecuencia del volumen espectral. El ancho de banda disponible se divide en canales, cada canal se asigna a un usuario en la interfaz radio. Las asignaciones son de banda estrecha del tipo de un solo canal por portadora (SCPC). Los usuarios, cada uno en su canal pueden efectuar transmisiones simultáneas e ininterrumpidas en las diferentes frecuencias. Cada receptor o grupo de receptores selecciona, mediante un filtro

sintonizable, el canal deseado. El multiacceso FDMA utiliza habitualmente la modulación de frecuencia analógica para señales analógicas y variantes de modulación de frecuencia digital para señales digitales y tiene las siguientes características básicas:

- Un canal de RF es utilizado por un usuario a la vez.
- El ancho de banda por canal de RF es angosto (30kHz)
- La complejidad para los sistemas móviles es más simple.
- Debido a que la transmisión es continua se requieren menos *bits* de encabezado.
- La estación móvil y la estación base requieren de duplexores para poder transmitir y recibir al mismo tiempo.
- Se requiere un filtrado de RF más estricto para minimizar la interferencia de canales adyacentes.
- El costo por celda para los sistemas celulares es mayor.

2.8.2. Acceso múltiple TDMA

En la técnica TDMA se asigna a los usuarios una frecuencia durante breves intervalos de tiempo, de forma periódica, de manera que aquellos efectúan transmisiones simultáneas pero discontinuas, en esa frecuencia portadora mediante ráfagas o paquetes de información. El sistema dispone de mecanismos de direccionamiento y sincronización de forma que cada receptor extrae del flujo de la señal únicamente las ráfagas destinadas al mismo e ignora las demás. En TDMA la transmisión se organiza en tramas, una trama es una sucesión de N intervalos, cada uno de los cuales se asigna a una terminal.

Toda terminal transmite en el tiempo (T) la información de tráfico recopilada durante una trama más otras señales auxiliares en un proceso de almacenamiento y envío. La información se transmite en forma de un tren de *bits* llamados ráfaga. Por su propia naturaleza, TDMA únicamente es posible con señales digitales de origen o analógicas digitalizadas.

En una comunicación TDMA, el enlace ascendente llega a la estaciones base la ráfagas 1, 2, 3... procedentes de las terminales, en tramas sucesivas. Las ráfagas no suelen ser estrictamente contiguas aunque se hayan emitido con sincronización pues proceden de terminales situadas a diferentes distancias de las estaciones base. Este tipo de llegadas individuales constituye el TDMA básico, característico del enlace ascendente. Cada terminal realiza su emisión modulando digitalmente una portadora con los *bits* de la ráfaga. En el enlace descendente, la información que transmite la estación base se organiza también en una trama pero con intervalos consecutivos, con sus ráfagas de *bits*. Cada terminal extraerá la información del intervalo que tenga asignado, una vez por ráfaga. Se observa que en el enlace ascendente hay un proceso de concentración de intervalos hacia la estación base, en tanto que el descendente el proceso es de difusión. Todo lo antes expuesto se puede observar en la figura 2.9.

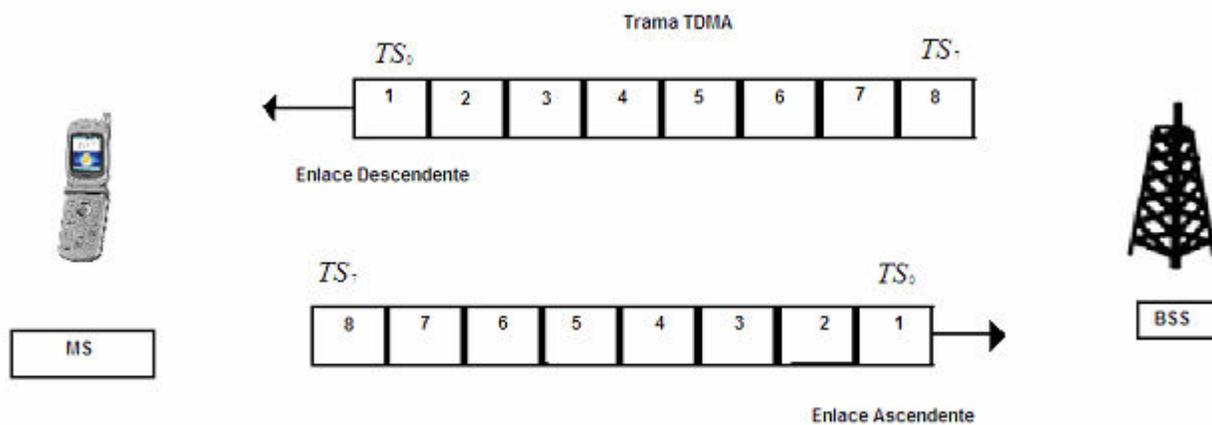


Figura 2.9. Trama TDMA.

En TDMA cabe mencionar los siguientes conceptos:

- Trama: Ciclo de acceso de los N usuarios a los recursos compartidos.
- Intervalo de tiempo (*Slot*): Duración de la ventana de acceso de cada usuario al sistema.
- Ráfaga: Secuencia de *bits* transmitida/recibida en un intervalo de tiempo.

Características de TDMA

- Comparte una misma frecuencia de RF entre varios usuarios, asignándoles un intervalo de tiempo a cada uno.
- El número de usuarios por frecuencia depende de diversos factores, por ejemplo, la técnica de modulación, el ancho de banda disponible, etc.
- La utilización de duplexores no es necesaria.
- La utilización de ecualización adaptativa se vuelve necesaria, debido a que la velocidad de transmisión es más rápida, comparada con FDMA.

2.8.3. Acceso múltiple CDMA

Las técnicas de multiacceso FDMA y TDMA asignan recursos separados en frecuencia o de tiempo a cada canal. El método CDMA, al contrario, otorga a cada canal la totalidad del volumen espectral disponible, toda la anchura de banda, durante todo el tiempo y en toda zona de cobertura, de forma que permite la transmisión simultánea de varias comunicaciones que emplean todos los recursos a la vez. La separación entre ellas se realiza asignándoles distintos códigos digitales.

La técnica CDMA utiliza la llamada modulación de espectro ensanchado, que consiste en la multiplicación de la señal digital a transmitir $x(t)$ de banda estrecha, por otra señal digital $c(t)$ de banda ancha, llamada código de ensanchamiento.

Características de CDMA:

- En CDMA muchos usuarios comparten la misma frecuencia.
- El incremento de usuarios en sistemas CDMA incrementa el ruido de fondo de manera lineal, por lo que no existe un número límite absoluto de usuarios.
- El desempeño disminuye si se incrementa el número de usuarios y por el contrario aumenta si se disminuye el número de usuarios.
- CDMA también se conoce como **DS-SS**.

En el siguiente capítulo se tratarán las bases de la localización por medio de telefonía celular, los distintos métodos de acceso, esquemas de cobro, etc.

3. SISTEMA DE LOCALIZACIÓN POR MEDIO DE TELEFONÍA CELULAR

En el presente capítulo se explican los conceptos en los que se basa la localización por medio de la red de telefonía celular. Se explican los métodos de acceso a la red, los esquemas de cobro, así como los distintos servicios de localización.

3.1. Introducción a los Servicios Basados en Localización

La capacidad de localización de una Estación Móvil dentro de una red celular es una característica intrínseca a la misma red, así como la capacidad de establecer una conexión tanto de voz como de datos. Como hemos visto, las redes celulares dividen el territorio en distintas células que son atendidas por las estaciones base que componen a la misma red. La MS debe conocer en todo momento en que célula se encuentra para poderse comunicar, y la red, por su parte, debe ser capaz de obtener la célula en la que se encuentra el móvil para establecer la conexión con éste y poder proporcionarle cobertura. Por lo anterior, la capacidad de localización ha estado siempre presente en las redes celulares, sin embargo, la información relativa a dicha localización se utilizaba únicamente para ser capaz de establecer y mantener conexiones con las MS's, y no existía un mecanismo para acceder a dicha información fuera de la red móvil.

Un sistema de localización por telefonía celular permite que los usuarios puedan consultar mapas en sus MS's, los cuales les permiten establecer alguna ruta para poder desplazarse de un lugar a otro, ubicar sitios de interés, etc.

Cuando hablamos de Servicios Basados en Localización (LBS), a menudo se plantea la pregunta sobre cómo se puede proporcionar un servicio de valor agregado a la localización de los clientes. Técnicamente hay algunas propuestas sobre cómo los teléfonos móviles pueden ser ubicados, sin embargo, existen otros temas que deben ser solucionados a la par con la localización de móviles, y otros tantos antes de que estos servicios sean lanzados a mercados masivos. Estos temas son, principalmente, la privacidad, el *roaming* internacional, las formas de cobro y la interconexión entre operadores del mismo mercado. De estos temas, el más importante es probablemente la privacidad, en especial la(s) persona(s) o entidad(es) que poseerá(n) la información de localización y cómo se deberán manejar los permisos de localización.

Los LBS son los servicios que usan la localización del MS para agregar valor al servicio. El término LBS cubre los aspectos del servicio, y por tanto, no debe ser asociado con el término Servicios de Localización (LCS), que es usado en las especificaciones de las Asociaciones del

Proyecto de Tercera Generación (3GPP) para definir el equipo físico, por ejemplo, elementos de la red y entidades necesarias para proporcionar LBS.

En la figura 3.1. podemos observar un ejemplo de localización para emergencias, el cual facilita el auxilio a personas que se encuentren en situaciones de peligro. El MS realiza una llamada a un número único de emergencias, que es recibida por el Sistema de Conmutación (SS). El SS se encargará de validar que el número sea de emergencia, y posteriormente la enviará al Sistema de Localización, el cual se encargará de ubicar al MS. Una vez obtenida la localización del MS, ésta se envía al Centro de Atención de Emergencias más cercano, quien será encargado de proporcionar la ayuda necesaria. La comunicación entre el Centro de Atención de Emergencias y los servicios de emergencia (policía, bomberos, ambulancias) puede realizarse por medio de telefonía celular, radios de banda civil, etc.

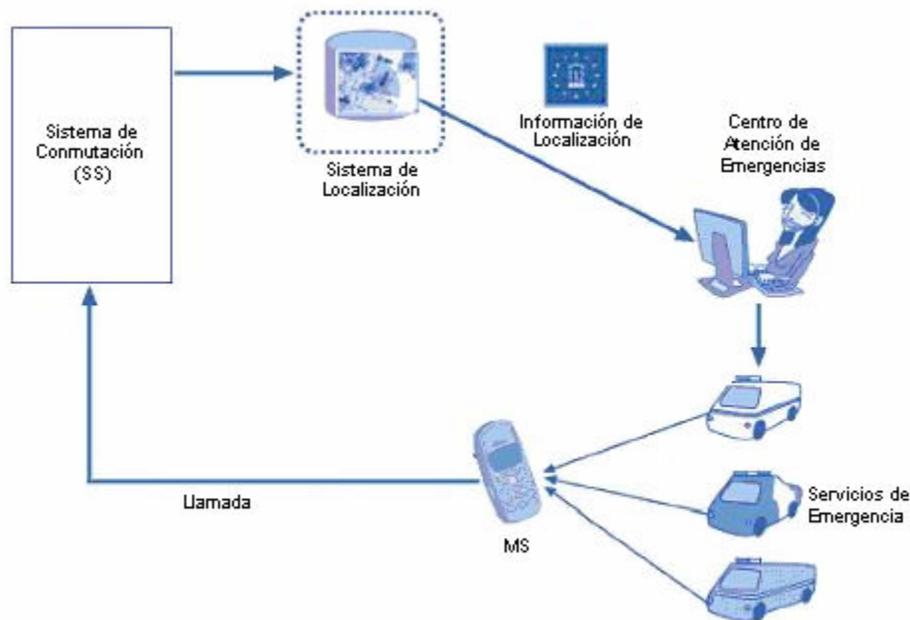


Figura 3.1. Ejemplo del uso de un Servicio Basado en Localización.

Cuando los operadores consideren la implementación de un LBS, deberán tomar en cuenta también los escenarios de *roaming* internacional y de interconexión entre operadores dentro del

mismo mercado. Sería preferible que los operadores consideraran dichas implementaciones en paralelo con la implementación de LBS desde su origen, ya que esto es benéfico desde los puntos de vista del costo como de oportunidades de ingreso, ya que el costo de la implementación posterior de *roaming* tiende a ser más alta que si es realizada como parte de la implementación inicial.

Los operadores deben considerar también la provisión de servicios que pueden ser accedidos y usados por clientes de otras redes dentro del mismo mercado, ya que con esto pueden incrementar las oportunidades de que LBS se convierta en servicios de mercados masivos. Un ejemplo similar de cómo este enfoque ha sido exitoso en el pasado reciente, es el caso de SMS, en donde el uso aumentó dramáticamente en mercados donde los operadores permitieron la interoperabilidad con otras redes del mismo mercado.

La información de localización por si misma no provee un buen servicio, pero si ésta es combinada con el contenido de LBS, hay posibilidades de crear servicios muy útiles. La información de localización puede ser usada por ejemplo de las siguientes maneras:

- Como un filtro: cuando un cliente está buscando un servicio en particular, puede restringir los resultados de la búsqueda con parámetros como el tipo del servicio, los tiempos de apertura del servicio, etc. La localización automática puede ser una herramienta eficaz para la búsqueda inteligente, ya que le permite ofrecer resultados que están lo suficientemente cercanos de la localización del cliente.
- Como un apuntador: la información de localización puede ser usada como un apuntador en servicios de rastreo. El ejemplo más simple es mostrando la localización del cliente como un punto sobre un mapa.
- Como un definidor / lanzador: en servicios como el rastreo podrían crearse *buffers* (espacios de memoria) que podrían indicar diferentes clases de avisos / alarmas cuando el destino está fuera del área definida. Si por ejemplo un vehículo de transporte ha salido de su ruta predeterminada, podría existir una notificación ó alarma automática para el centro de control del transporte. Existen casos interesantes como las “alarmas de área”, cuya característica es lanzar la actividad X cuando el cliente llega al área Y, aunque el

cliente no solicite explícitamente el servicio. Por ejemplo, podemos mencionar el caso de un cliente que viaja en un barco y que se está aproximando a un puerto donde puede ser necesario que declare impuestos sobre mercancías que trate de introducir al puerto en cuestión. Al aproximarse al puerto, el Sistema de Localización detecta su proximidad y le envía formas declaratorias de impuestos con el fin de agilizar el trámite al llegar a la aduana.

Hay muchas maneras de implementar un LBS, que pueden ser elegidas de acuerdo a las necesidades de cada operador, basándose en las condiciones locales del mercado. Las soluciones que se muestran en este documento no son soluciones de un operador en específico, sino soluciones generales.

3.1.1. Elementos de los Servicios Basados en Localización

Los LBS están integrados de diversos componentes: destino, solicitante, proveedor de servicios, PLMN origen del destino, PLMN visitante del destino, PLMN del solicitante y HPLMN/VPLMN del solicitante. Las características principales de estos elementos son:

Destino: Es la entidad que será localizada. Puede ser una persona, un animal, un vehículo, o un dispositivo telemático. El destino puede tener un contrato con su operador origen, permitiendo obtener la localización del cliente, quien es responsable de autorizar a quién le es permitido acceder a la información de localización, ya sea directamente al operador o por medio de un proveedor de servicio. El término destino es también referido en 3GPP como Entidad de Usuario (UE).

Solicitante: Es la entidad que pide la información de localización del destino. Cuando el abonado solicita un servicio basado en su localización, actúa como solicitante, pero a su vez, actúa como destino. El solicitante puede ser una persona, una compañía o un dispositivo telemático. El término solicitante es usado también en las especificaciones de 3GPP.

Proveedor de servicios: Es la entidad que suministra la localización básica a usuarios finales, y puede ser un servicio interno de un operador pero también puede ser una entidad externa. El proveedor de servicios puede usar contenidos de proveedores externos para suministrarlos a LBS; es el responsable de cobrar al solicitante por el servicio. El solicitante debe tener un contrato directo con el proveedor de servicios para que permita la facturación directa al solicitante o de manera alterna, el proveedor de servicios debe tener un método para implementar un comercio móvil (*m-commerce*) o micro-pago para la Red Pública Terrestre Móvil (PLMN) origen del solicitante, con el propósito de que cualquier elemento facturable pueda ser agregado a la factura del solicitante.

La PLMN origen del destino (HPLMN) tiene un contrato con el destino y es responsable de guardar el registro de quién puede acceder a los datos de localización de sus clientes y bajo qué circunstancias. Todas las peticiones de localización son hechas por medio de la HPLMN del destino para asegurar la privacidad.

La PLMN visitante del destino (VPLMN) es un operador de red que suministra el acceso al destino cuando éste se encuentra en el extranjero. Este operador es el único que tiene el acceso directo para la información de localización, y solamente la HPLMN del destino puede pedir la localización de éste a la VPLMN.

La PLMN del solicitante (RPLMN) es la primera en recibir la solicitud de localización del proveedor de servicios. Ya que el proveedor de servicios no puede hacer un contrato con todos los operadores en el mundo entero, el operador que tenga un contrato con el proveedor de servicios puede ser distinto de la HPLMN del destino y de la HPLMN del solicitante. En general, los proveedores establecen contratos con operadores nacionales. La RPLMN ofrece el acceso para la información de localización al proveedor de servicios, además de que puede proveer un servicio de micro-pago al proveedor de servicios para cobro al solicitante. En este caso al solicitante le es hecho el cobro o se hace el cargo a la cuenta prepagada del cliente en tiempo real por la HPLMN del solicitante.

La HPLMN/VPLMN del solicitante. El solicitante podría ser un abonado de un operador diferente que el destino. Un ejemplo típico de esto es el servicio de localización de un amigo, donde el solicitante tiene amigos que son abonados de diferentes operadores nacionales. Si la RPLMN tiene un contrato de micro-pago con la HPLMN del solicitante y el proveedor de servicios tiene un contrato de micro-pago con la RPLMN, entonces la HPLMN del solicitante facturará al solicitante en tiempo real de parte del proveedor de servicios. Para prevenir el fraude, la HPLMN del solicitante debe ser susceptible de autenticar a su cliente.

3.1.2. Tipos de Servicios Basados en Localización

Los LBS son servicios de negocios y de consumo que brindan a los usuarios un conjunto de servicios a partir de la localización geográfica del cliente. Estos servicios ofrecen a los usuarios la posibilidad de encontrar o ubicar a otras personas, equipos, vehículos, recursos y servicios susceptibles de ser ubicados. La solicitud de localización puede ser originada desde el mismo cliente o desde otra entidad, tal como una aplicación o la misma red. De cualquier manera, para cualquier localización que sea requerida, el cliente debe dar permisos a la solicitud de localización.

Los LBS pueden ser activados automáticamente cuando el cliente se encuentra en una localización específica, por ejemplo, áreas geográficas sujetas a diferentes sistemas de facturación, o de manera alterna se pueden originar desde el cliente mismo con la finalidad de satisfacer peticiones basadas en localización, tales como encontrar puntos de interés, encontrar otras personas, vehículos, recursos, servicios o equipos, realizar peticiones de emergencia y verificar las condiciones del tráfico.

Existen tres tipos básicos de servicios basados en localización: *pull* (peticiones), *push* (envíos) y *tracking* (rastreos), los cuales son mencionados y ejemplificados a continuación.

En el caso de un servicio *pull*, el cliente realiza una petición LBS para sí mismo. Cuando realiza esta petición, el usuario debe otorgar los permisos necesarios al proveedor de servicios para

poder proporcionar su localización, ya que sin la información de localización la petición LBS no se puede completar. Un ejemplo del tipo de servicio *pull* es cuando un cliente envía una petición del pronóstico del tiempo atmosférico local, por medio de SMS al número 1234. El proveedor de servicios debe saber desde dónde se está realizando la petición, y en respuesta, éste enviará el pronóstico del tiempo del área donde se realizó la petición.

Los servicios *push* difieren de los servicios *pull* desde el punto de vista que la petición del servicio no fue realizada técnicamente por el cliente, sino por el proveedor de servicios. En estos casos, el cliente debe otorgar permisos para que el proveedor de servicios pueda enviar la información a su MS. Un ejemplo del servicio *push* es cuando un cliente se ha registrado a sí mismo al servicio del tiempo atmosférico y configuró un perfil en el cual solicita que el pronóstico del tiempo le sea enviado cada mañana a las 8 AM. Para enviar el pronóstico del tiempo al área correcta del cliente, el proveedor de servicios debe saber dónde se encuentra el cliente a las 8 AM. Debido a que el cliente le ha permitido al servicio del tiempo atmosférico obtener su localización cada mañana a las 8 AM, el operador de red debe proporcionarle al proveedor de servicios la localización del cliente en el momento de la petición del servicio. Tras haber obtenido la localización del cliente, el proveedor de servicios puede enviar el pronóstico del tiempo correcto al cliente, dependiendo de su localización.

Los servicios *tracking* son el tercer tipo de servicios básicos de LBS. La idea para este tipo de servicio es que alguien (una persona o servicio) pregunte por la localización de la MS (persona, vehículo, flotilla, etc) en un momento determinado. Tal como en los casos *pull* y *push*, se asume que el cliente debe otorgar los permisos necesarios que permitan a algunas personas o servicios particulares que lo rastreen. Un ejemplo del servicio *tracking* es el buscador de amigos, por ejemplo, un equipo de ciclistas se ha suscrito al servicio para mantener contacto entre sí. Cada miembro del equipo ha otorgado permisos a cada uno de los miembros para ser rastreado. Cuando el equipo está en una ronda de entrenamiento, los miembros individuales del equipo pueden escoger rutas opcionales para llegar al punto de encuentro. Aquellos que llegan primero al punto de encuentro, desean saber dónde se encuentran los otros miembros del equipo en ese momento, así que realizan una conexión al servicio de rastreo (por medio de WAP, WEB, etc) y

realizan la petición de las ubicaciones de aquellos miembros que aún no han llegado al punto de encuentro.

Muchos de los servicios, como los mencionados anteriormente, son muy fáciles de implementar cuando el operador también es el proveedor de servicios y ofrece estos servicios solamente para sus clientes. Sin embargo, la naturaleza de LBS requiere de interconexión entre operadores nacionales e internacionales. Al analizar el ejemplo de *tracking* mencionado arriba, resulta obvio deducir que no todos los miembros del equipo de ciclistas son clientes del mismo operador, y no obstante, el equipo podría estar interesado en el servicio si fuera posible agregar a todos los miembros al servicio sin importar quién es su operador. De manera similar un usuario *roaming* que está de vacaciones en un país extranjero podría utilizar LBS locales, tales como “encuentra el cajero más cercano”.

3.2. Factores generales de los Servicios Basados en Localización

En la implementación de LBS se deben considerar una serie de factores en donde se consideran desde los usuarios hasta los productores de LBS. La presente sección explica en qué consisten los grupos o entidades de LBS, los componentes de LBS, la arquitectura general de LBS, los principios de privacidad en LBS, la exactitud en LBS, los requerimientos de cobro en LBS, el anonimato en LBS y el dispositivo mediador (dispositivo encargado del cobro y facturación) en LBS.

3.2.1. Entidades de los Servicios Basados en Localización

Es muy común que LBS requiera que se involucren muchas entidades para proveer un servicio completo. El diagrama de la figura 3.2. muestra a nivel general dichas entidades que integran LBS. Los usuarios finales están divididos en dos categorías: los usuarios móviles que serán localizados ó destinos, y los usuarios solicitantes ó únicamente solicitantes. Los destinos son usuarios finales cuya localización es solicitada por alguna persona o por un servicio. Los

solicitantes son aquellos que solicitan la localización de algún servicio o persona. Obviamente los usuarios finales pueden tener ambos roles simultáneamente.

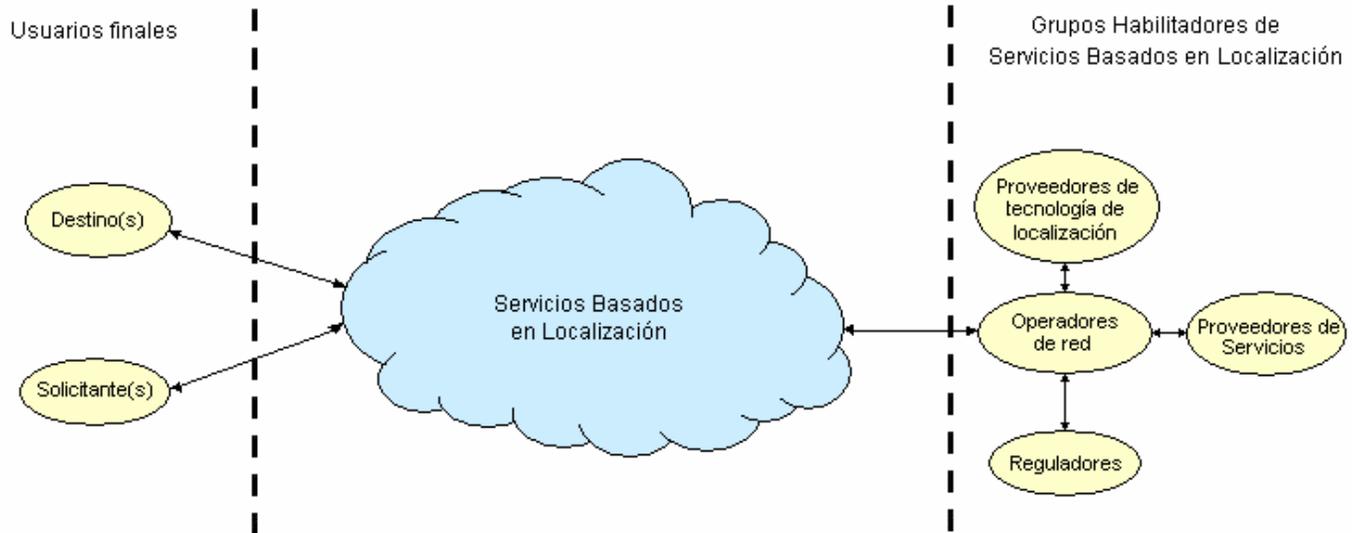


Figura 3.2. Entidades de los Servicios Basados en Localización.

En la parte media de la figura se encuentra una “nube” que describe a LBS, de la cual existen dos conexiones: a los usuarios finales y a los habilitadores de LBS que hacen posible el funcionamiento de LBS,. Estos últimos son grupos divididos básicamente en cuatro categorías: Proveedores de Tecnología de Localización (LPT), Operadores de Red (NO), Reguladores (REG) y Proveedores de Servicios (SP). Los LPT son fabricantes de hardware y software que permiten obtener la localización de las MS’s. Algunos de los sistemas de localización requieren capacidades específicas tanto en la red como en las MS’s. Los NO son compañías que tienen infraestructura de telecomunicaciones de GSM, y son el único agente mediante el cual es posible realizar la localización efectiva del MS en las redes GSM. Su interés primario y responsabilidad es proteger al suscriptor de usos no solicitados de información de localización. La solución más efectiva es la de poseer la información en un modo seguro dentro de la red, que aunque actualmente no se ha implementado de esta manera, se tiene planeado para posteriores implementaciones de LBS. Estos operadores transfieren información tal como los resultados de la localización. Los NO se integran de la RPLMN, la HPLMN y la VPLMN. Los REG establecen

leyes, regulaciones, etc. que proporcionan los lineamientos de cómo LBS puede ser legalmente implementado. Los SP crean y algunas veces proveen LBS que son utilizados mediante los operadores de red. Los proveedores de servicios son las compañías que implementan los servicios y las interfaces de los usuarios, interfaces de LBS y los sistemas de los operadores de red, etc. Sin embargo, los proveedores de servicios no necesariamente tienen la información o la infraestructura para ofrecer a los clientes LBS. Las siguientes suposiciones generales se establecen como base de LBS:

- Los operadores deben estar preparados para firmar un contrato en términos comerciales razonables, con cualquier proveedor de servicios u operador de red, para proveer información de localización de MS's que actualmente estén utilizando su red.
- Los operadores podrán extender sus acuerdos comerciales existentes para *roaming* con el fin de incluir la posibilidad de proveer información de localización a petición de otros operadores.
- La información de regulación y privacidad puede ser convenida mediante un requerimiento al operador, para mantener una base de datos conteniendo información de qué proveedores de servicios, qué servicios y a qué hora del día sus usuarios han autorizado al operador a proveer información de localización.

3.2.2. Componentes de los Servicios Basados en Localización

La tabla 3.1. muestra ejemplos de servicios con sus características y sus habilitadores de LBS, los cuales se entienden según la siguiente descripción. El *servicio* es el producto vendido al cliente, y es creado utilizando *características* tales como la interfaz con el usuario, la verificación de la privacidad, la personalización, la facturación, etc. Los *habilitadores* de LBS (por ejemplo, la red GSM) son necesarios para implementar las *características* y la entrega del *servicio* al cliente.

Servicios	Aplicaciones o productos específicos integrales (<i>end-to-end</i>)	Ejemplo: localización actual, punto de interés, rastreo de localización
-----------	---	---

Tabla 3.1. Servicios, características y habilitadores de LBS. (Continúa)

Características	Un conjunto de capacidades que son requeridas para implementar un servicio	Ejemplo: servidor de localización, puente, dispositivo mediador, servidor de mapas
Habilitadores	Un conjunto de redes genéricas y funcionalidades de las MS, incluyendo juegos de herramientas estandarizados, protocolos e interfaces de aplicaciones, que proveen un transporte básico y mecanismos de control	Ejemplo: sistema de localización, SMS, protocolo WEB, protocolo WAP, etc.

Tabla 3.1. Servicios, características y habilitadores de los Servicios Basados en Localización.

3.2.3. Arquitectura general de los Servicios Basados en Localización

Como una base para los escenarios descritos más adelante, la arquitectura general del aprovisionamiento de LBS se muestra en la figura 3.3. donde se presentan los principales componentes LCS, que como se mencionó anteriormente, son los componentes físicos de la PLMN.

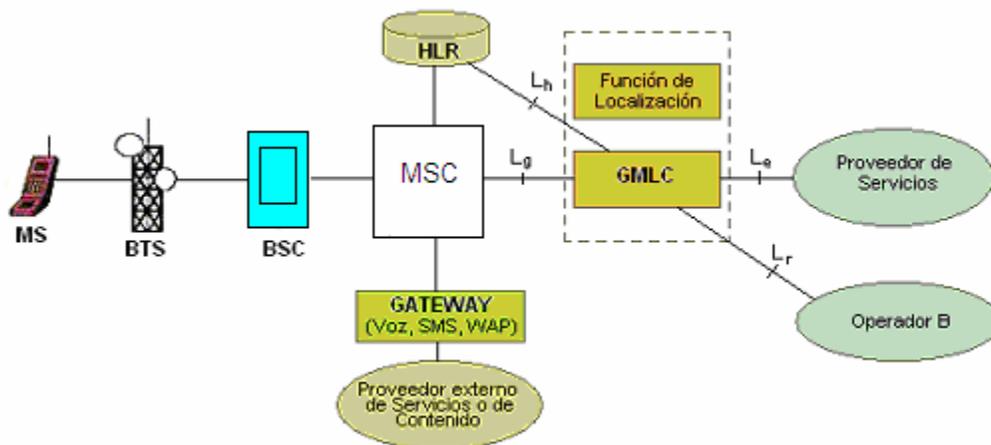


Figura 3.3. Arquitectura general del aprovisionamiento de los Servicios Basados en Localización.

La puerta de enlace (*Gateway*) provee la interfaz entre un usuario móvil, a través de la MSC de la red que utiliza, y un proveedor de contenido externo ó un proveedor de servicios externo. La interfaz puede soportar una o más tecnologías de transporte, tales como voz, SMS o el Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas (WAP). El *Gateway* también provee características de autenticación y autorización para controlar el acceso de terceros.

El *Gateway* del Centro de Localización Móvil (GMLC) es el primer nodo de un cliente externo que accede a LCS en la red pública GSM. La interfaz L_e es la encargada de que la información fluya entre el proveedor de servicio y la GMLC. El GMLC puede requerir información del enrutamiento del HLR por medio de la interfaz L_h . Después de que el GMLC efectuó el registro y la autorización, envía la petición de localización y recibe la localización final estimada del MS por medio de la interfaz L_g . La interconexión con otros operadores se realiza mediante la interfaz L_r . Algunas de las funciones que puede realizar el GMLC son las siguientes:

- Función de Control de Localización del cliente.
- Función de Autorización de Localización del Cliente.
- Función de Transformación de Coordenadas de Localización del cliente.
- Función del Sistema de Facturación de Localización
- Función de Operaciones del Sistema de Localización.

La Función de Control de Localización del Cliente (LCCF) controla la interfaz externa hacia los cliente. La LCCF identifica los clientes dentro de la PLMN por medio de la solicitud de verificación y autorización del cliente (por ejemplo, verifica que el cliente está autorizado para ubicar al suscriptor por medio de la interacción con la Función de Autorización de Localización del Cliente (LCAF)). También permite la administración de movilidad de servicios de localización, por ejemplo, desviando las peticiones de localización al MSC. Dicha función determina si la localización final estimada satisface la calidad de servicio (QoS) para el caso de reintentos o rechazos. La LCCF provee un flujo de control sobre varias peticiones simultáneas de localización. Puede ordenar a la Función de Transformación de Coordenadas de Localización del Cliente (LCCTF) para efectuar la transformación de coordenadas locales. También genera

información relacionada al cobro y facturación por medio de la Función del Sistema de Facturación de Localización (LSBF).

La LCAF es responsable de proveer el acceso a la red y autorizar la suscripción del cliente. Provee la autorización a los clientes que requieren información de localización de una MS específica. LA LCAF se compone de dos sub-funciones: la de acceso y la de suscripción.

La sub-función de acceso de la LCAF habilita a los clientes el acceso a los servicios de ubicación. Esta sub-función provee la verificación y autorización de la petición del cliente. Cuando se solicita un LCS, la sub-función de acceso utiliza la información almacenada en el perfil de suscripción del cliente para verificar que el cliente esté registrado y que está autorizado a utilizar el tipo de solicitud LCS especificada, y por último, que el cliente está autorizado a solicitar la información de localización del suscriptor especificado en la solicitud LCS.

La sub-función de suscripción de la LCAF se encarga de verificar el perfil de suscripción del cliente, el cual debe contener un conjunto mínimo de parámetros asignados en cada cliente básico para un periodo acordado mediante un contrato. El perfil del cliente debe contener el siguiente conjunto de parámetros de acceso:

- Identidad del cliente.
- Tipos de solicitud LCS permitidos (por ejemplo: la solicitud de localización inmediata, LIR, ó la solicitud de localización diferida, LDR, o ambos).
- El número máximo de suscriptores permitidos en una solicitud LCS.
- Prioridad.
- Indicador de importancia de localización.
- Estado de la solicitud (solicitud activa, pendiente, cancelada, etc.).
- Evento(s) (aplicable a peticiones de LDR únicamente).
- Sistema de coordenadas local.
- Listas de validez de accesos de clientes (opcional).
- Listas de validez de acceso a la PLMN.

Para ciertos clientes internos a la PLMN, el perfil de suscripción no es necesario, lo cual significa que tienen el poder de acceder a cualquier servicio definido que no es válido para un suscriptor de MS's. Esto se utiliza para la localización en llamadas de emergencia sin la necesidad de pre-suscripción. En donde la LSBF es responsable de cobrar y facturar cualquier actividad de facturación dentro de la red relacionada a LCS. Esto incluye el cobro y facturación tanto de clientes como de suscriptores. Específicamente, la LSBF colecta la información relacionada a cobros y la información contable entre PLMN's.

La LCCTF provee la conversión de una localización estimada expresada de acuerdo a un sistema universal de latitudes y longitudes a una expresión estimada de acuerdo a un sistema local geográfico, que puede ser entendido por los clientes LCS y es conocido como información de localización. El sistema local requerido para un cliente LCS particular debe ser conocido, ya sea por la información de suscripción o explícitamente indicado por el cliente LCS.

La Función de Operaciones del Sistema de Localización (LSOF) es responsable del aprovisionamiento de información, capacidades de localización, información relacionada a los clientes y la suscripción (información de clientes e información de MS's), validación, administración de fallas y administración del rendimiento de LCS en GSM. Esta función también reside en la Unidad de Medidas de Localización (LMU), la BSC, el Servidor del Centro de Localización de Móviles (SMLC) ó la MSC. En resumen, el GMLC es responsable de controlar las peticiones de localización y sus respuestas y provee la autorización al control de acceso a los GMLC's de terceros.

La función de localización es una combinación de entidades de red que aceptan un MS y regresan la latitud y longitud de dicho número. La implementación de esta función puede variar entre cada operador, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- El servidor de localización debe ser capaz de identificar la HPLMN del MS y debe ser capaz de comunicarse con dicho servidor.

- El servidor de localización de la HPLMN debe ser capaz de identificar si un MS particular es un usuario *roaming* de otra red y debe ser capaz de comunicarse con el servidor de localización de la VPLMN para obtener la localización del MS en esa red.
- El servidor de localización puede proveer la información de localización de un usuario *roaming* solamente al servidor de localización del HPLMN de dicho usuario.
- En el caso de un usuario *roaming*, el servidor de localización será el responsable de comunicar la autorización de localización de la HPLMN del MS a la VPLMN.
- El servidor de localización es también responsable de crear los registros detallados de llamada (CDR), que permitirán corresponder los cobros entre operadores contra la información de localización y el enrutamiento de las solicitudes de información de localización a otros operadores.

El SMLC será típicamente una de las entidades involucradas en el aprovisionamiento de la funcionalidad del servidor de localización.

Los proveedores de servicios son los responsables de crear LBS, los cuales son usados por medio de los operadores de red. Los SP son las compañías que implementan la lógica y las interfaces de los usuarios para los servicios, las interfaces entre LBS y los sistemas de los operadores de red. Sin embargo, los SP no tienen la información o la infraestructura para ofrecer LBS a los clientes. Los operadores de red también pueden actuar en el papel de los proveedores de servicios.

3.2.4. Principios de privacidad

La identidad del destino, si así se desea, debe ser transparente al cliente LCS. La identidad del usuario debe ser, asimismo, autenticada. El método de autenticación depende de los servicios utilizados del suscriptor, por ejemplo: la identidad de la línea que llama, el usuario, la contraseña, los certificados, el Número de Identificación Personal (PIN), etc.

El usuario debe tener el control sobre quiénes o cuáles aplicaciones pueden localizarlo. Se tienen diferentes niveles de control, como son: control estático por usuario para cada aplicación, control dinámico basado en aplicaciones, control dinámico basado en peticiones de localización. También el usuario debe ser informado sobre cuándo está siendo localizado, existiendo distintos niveles de notificación, que pueden ser ofrecidos, como son: notificación por cada petición, registro histórico, o sin notificación. Además puede controlar el nivel de exactitud de localización para proteger su privacidad. Por ejemplo, una aplicación puede obtener sólo el nombre de la población o localidad donde se encuentra.

En los servicios de rastreo, las localizaciones del usuario son registradas para proporcionar la trayectoria del movimiento. El registro puede ser realizado por un periodo corto de tiempo, para proveer un espacio de memoria local, y luego ser descartado.

3.2.5. Exactitud de la localización

El concepto de “clases de exactitud” ha sido sugerido por 3GPP como una métrica para determinar el grado al cual las soluciones de localización alcanzan los requerimientos de servicios. El organismo 3GPP es de la idea de que las clases de exactitud deben ser directamente relacionadas a los requerimientos de LBS, sin embargo, la asociación GSM se ha opuesto al establecimiento de las clases de exactitud en la localización. Las razones son que los servicios no pueden ser sujetos a ciertas clases de exactitud debido a que la densidad de servicios usualmente varía dependiendo del área o país. Por ejemplo, en áreas urbanas la búsqueda por un restaurante cercano de comida rápida puede requerir de una exactitud de localización de unos cuantos metros, mientras que en áreas rurales la exactitud de la localización de algunas décimas de kilómetros puede ser suficiente. La exactitud de LBS es una función tanto en la MS como en la red, ejemplo de esto es la exactitud de E-OTD (que es un método de localización que ofrece una localización entre 50 y 300 metros, dependiendo de que sea una zona rural o urbana), puede variar dependiendo de la resolución de la medida del tiempo del MS, la geometría de la célula, la estabilidad de la red y de las características topográficas. Para A-GPS (método de localización), la exactitud puede variar dependiendo principalmente de si la

localización se realiza dentro o fuera de un inmueble, además de la geometría del satélite y la información asistida por la red. Estos métodos de localización y algunos otros son descritos con detalle en la sección 3.8 del presente documento.

3.2.6. Requerimientos de cobro

Las formas de realizar el cobro, así como los flujos de ingresos, necesitan ser definidos para LBS, ya que se involucran múltiples operadores, proveedores de servicios y clientes. Para ello, la presente sección del capítulo se encargará de ofrecer una definición amplia y suficiente para que el lector pueda comprender los principios de cobro y sus aplicaciones.

Los operadores se cobrarán entre sí por la información de localización provista a través de la interfaz inter-GMLC, por ejemplo, en los casos de operadores en el mismo mercado o proveedores que ofrecen LBS a usuarios *roaming*, y cobrará a terceros por la información de localización provista a través de la interfaz L_e (interfaz entre el GMLC y los proveedores de servicios).

Los LBS son utilizados por usuarios finales, por lo que el cobro que realizan los operadores que proporcionan LBS a los usuarios *roaming* puede normalmente ser enviado de la VPLMN a HPLMN utilizando el procedimiento TAP (norma utilizada para cobro de los operadores cuyos usuarios están en *roaming*). La PLMN origen factura al usuario final en la tasa apropiada.

Es importante distinguir entre el cobro por la información de localización y el cobro por LBS:

En el cobro por información de localización, el grupo que provee la información de localización es nombrado para cobrar por el recurso. Los principios que se aplican para el cobro a otro operador o a un tercero dependerán de los siguientes atributos de la transacción:

- QoS solicitado
- Exactitud en metros

- Respuesta en tiempo entregado
- Estado de la transacción (exitosa, última localización conocida, falla, denegado, etc.)
- Respuesta en exactitud en metros (provista por los estados éxito y última localización conocida).
- El tiempo de la última localización conocida
- Rastreo de una sola petición.
- Periodo global de rastreo
- Frecuencia de rastreo

Para ello, es necesario que se agregue un campo en la interfaz L_e para identificar el tipo de petición de servicio (por ejemplo: emergencia, publicidad, etc.).

Los principios básicos requeridos para el cobro entre operadores y entre terceros para la información de localización es que se debe permitir a todos los operadores estar involucrados en el proceso de localización para recibir ingresos compartidos, el cobro de la entidad solicitante debe hacerse posible en tiempo real. El mecanismo de cobro debe permitir la cancelación de pagos en los casos donde el servicio no pueda ser provisto al usuario final por alguna razón.

En el cobro por LBS, los LBS pueden ser considerados como un subgrupo de servicios de *m-commerce*. Tal como se ha descrito, los operadores de red deberán cobrarse entre sí por el uso de los recursos de localización. El cobro por el servicio debe ser transferido utilizando el procedimiento de cobro entre operadores. El operador de red origen puede entonces aplicar el cobro individual al usuario final. Algunos ejemplos de LBS son los siguientes:

- Un usuario *roaming* solicitando la localización de instalaciones locales (por ejemplo, un cajero automático).
- Un usuario *roaming* solicitando localización local.
- Un usuario *roaming* realizando una llamada de emergencia. Las directrices de usuarios finales en servicios universales indican que las llamadas de emergencia deben ser sin costo. Si las llamadas de emergencia de localización no fueran obligatorias, ningún cobro podría ser asociado con éste, al menos para el suscriptor.

- Un cliente local solicitando la localización de un usuario en otra red.
- Un tercero solicitando la localización de un usuario *roaming* (por ejemplo, un servicio de rastreo).

En algunos de los casos mencionados, LBS es la provisión de la información de localización. Sin embargo, es importante mantener una distinción lógica entre la provisión de la información de localización y LBS. No obstante, el cobro por la provisión de la información de localización puede ser incluida en el cobro de la llamada impuesta por la red visitante para el servicio provisto. En algunos casos, sin embargo, sería más apropiado que la información de localización sea cobrada por separado. Los principios básicos requeridos para el cobro de LBS son:

- El cobro debe ser posible sin importar el canal de acceso del usuario solicitante (WAP, WWW, SMS, llamada de voz).
- Todos los casos deben ser soportados por los mecanismos de cobro.
- El cobro debe ser posible sin importar el portador del servicio (IP, GPRS, llamada de datos, llamada de voz, SMS),
- El cobro debe ser posible para los servicios que requieran tanto rastreo continuo como peticiones individuales.
- El mecanismo de cobro debe permitir la reservación de dinero de la cuenta del usuario final para ser utilizado por el cobro de LBS.

3.2.6.1. Proceso de cobro y flujo de ingresos

Una vista global del flujo del ingreso que involucra a todas las entidades se muestra en la figura 3.4. En ella se puede observar que en la mitad superior el ingreso compartido se toma entre el proveedor de servicios y los operadores de red involucrados en la cadena de petición de localización, en esta misma parte se describe el proceso en el cual el proveedor de servicios solicita información de localización. Esta responsabilidad surge del contrato que se tiene con el operador de servicios.

En la mitad inferior de la figura, el solicitante es facturado por el servicio, ya sea directamente por el proveedor de servicios o indirectamente por medio de la cadena del operador de telefonía celular. La forma en que los operadores se cobran entre sí debe ser definida. La facturación puede ser como una continuación de la facturación después de la transacción actual. Esto no limitará los requerimientos en tiempo real del proceso de petición de localización actual y solicitará la facturación del usuario final.

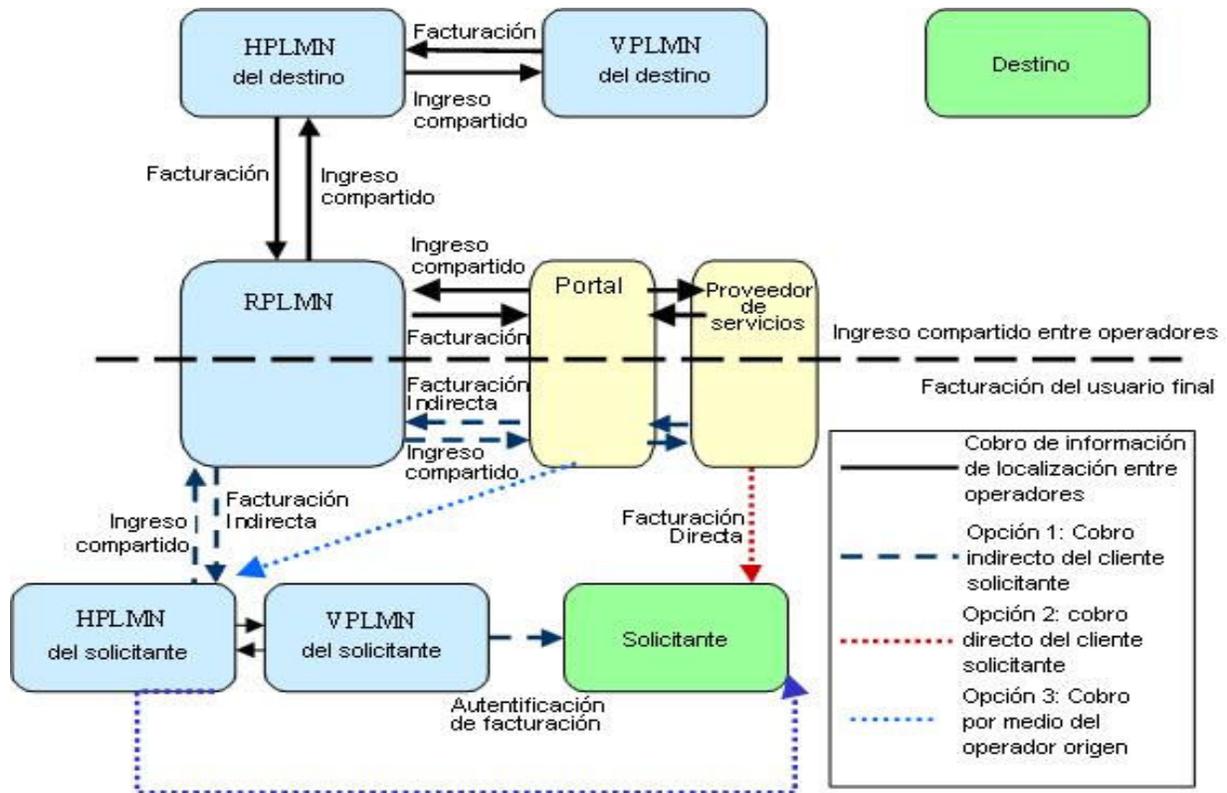


Figura 3.4. Flujo del ingreso.

El operador visitante del cliente rastreado factura al operador origen del cliente rastreado, quien a su vez factura al proveedor de servicios. El cobro entre los operadores involucrados es basado en los elementos de cobro como se definieron anteriormente.

3.2.6.2. Cobro de un usuario final por un tercero

Un proveedor de servicios tercero puede proveer LBS para un solicitante. En este caso, el tercero es responsable de facturar al usuario final por el servicio que está proveyendo. Este tercero tiene alternativas que debe elegir. Puede tener un contrato directo con el cliente solicitante de localización y facturarle directamente. Un ejemplo de esto puede con usuarios corporativos que rastrean sus propiedades. El método para facturar al cliente es responsabilidad del proveedor de servicios. Una segunda posibilidad es que el tercero facture al operador origen y el operador origen facture al solicitante. Esta última opción es muy similar al caso clásico de facturación post-pago.

Otra posibilidad para el tercero es enrutar el pago al solicitante por medio de su operador origen. Esta petición debe ser realizada en tiempo real para permitir el cobro con cuentas pre-pagadas. Este método debe permitir también reservar créditos por rastreos continuos y cancelaciones de pagos si algo falla.

3.2.6.3. Precio por el servicio y exactitud

El proveedor de servicios no tiene forma de conocer si el cliente rastreado es un usuario *roaming* de otra red o no. Como el cobro por proveer la información de localización es establecida por cada operador de manera individual, y también depende del método para rastrear el MS, el precio de la petición en general es diferente para el caso cuando el destino es un *roaming*. Los reguladores en muchos países requieren que el usuario conozca el precio del servicio antes de que éste pueda realizar una decisión final acerca de utilizar el servicio

Algunos servicios requieren de información de exactitud en la información de localización. Los operadores deben ser capaces de proporcionar dicha información a los usuarios finales. La exactitud de la información debe ser incorporada en la información de localización enviada al proveedor de servicios si es que está disponible.

El proveedor de servicios establece el precio y el límite de exactitud para la petición de localización. Si la petición falla porque los límites no fueron alcanzados, el precio y la exactitud de la petición es enviada como un mensaje al proveedor de servicios. La petición fallida no debe ser cobrada al proveedor de servicios o al operador involucrado.

Una sola petición de localización, incluyendo el cobro al solicitante, puede consistir en varias fases: el proveedor de servicios solicita una reservación de dinero del solicitante; el proveedor de servicios solicita además la información de localización con un límite establecido en el monto de dinero reservado anteriormente; después de obtener la información de localización el proveedor de servicios entrega esta información al solicitante y cierra el pago.

La solicitud de rastreo continuo, incluyendo el cobro al solicitante consta también de varias fases: el proveedor de servicios solicita una reserva de dinero al solicitante y a su vez hace una petición de rastreo continuo; después de obtener la información éste la entrega al solicitante; cuando el monto reservado es utilizado se cierra el primer pago y reserva más dinero para volver a empezar a rastrear y así se repite el ciclo hasta terminar con la última reserva de dinero y ya no seguir rastreando.

3.2.7 Anonimato

Generalmente la identidad de un suscriptor es proporcionada por un proveedor de servicios cuando accede al servicio. Sin embargo, en algunos casos esto puede no ser apropiado. En estos casos, la red debería encriptar o hacer anónima la identidad del suscriptor en un ID "opaco". La forma de encriptación o descifrado utilizada es responsabilidad de la red.

Las aplicaciones pueden utilizar esta información para referirse al suscriptor, sin que la aplicación conozca la identidad del suscriptor. Al hacer esto, la red es capaz de proveer acceso a la información de localización sin la necesidad de asegurar que la protección completa de la información ya fue establecida.

3.2.8. Dispositivo Mediador

A través de la arquitectura, un Dispositivo Mediador (MD) se introduce dentro de cada HPLMN de suscriptor. Éste es encargado de cifrar y descifrar el MS-ISDN. Los factores utilizados para determinar cuándo es necesario descifrar el MS-ISDN pueden incluir los siguientes:

- Un acuerdo específico entre la red y el proveedor de servicios concerniente.
- Cuando el suscriptor ha permitido acceso abierto.
-

El uso del ID opaco puede ser utilizado en numerosas situaciones, por ejemplo, cuando el suscriptor accede a LBS, cuando el proveedor de servicios solicita la localización del suscriptor, cuando el proveedor de servicios toma otras acciones que requieren la identidad del suscriptor, etc.

De esta manera, el dispositivo mediador debe ser accesible desde el GMLC, o desde cualquier puerta de enlace utilizada para acceso a LBS. La persistencia del ID opaco puede ser para una sesión únicamente, o ser estático. Un ID opaco por sesión es alojado cuando el suscriptor accede por primera vez a los LBS y únicamente dura mientras el acceso fue completado. Típicamente éste es alojado al inicio de una sesión WAP y se elimina al final de la sesión. En este caso, pudo haber sido utilizado por cualquiera de los LBS accedidos mientras la sesión de WAP tuvo vigencia. Un ID opaco estático es alojado cuando el suscriptor accede por primera vez a los LBS y es retenido para todos los futuros accesos a dichos LBS. Esto puede ser utilizado, por ejemplo, con uno de los LBS que necesita localizar a suscriptores en una negociación (tal como las votaciones).

3.2.9. Temas finales

El método de localización de interoperabilidad del MS con la red visitante se desarrolla mediante las MS y las redes visitantes que deben otorgar el mismo método de localización, con el fin de que los servicios de localización trabajen de manera efectiva fuera de la red origen. Para

servicios basados en los niveles de exactitud de los métodos de localización de ID de la celda o ID de la celda mejorado, esto no será un problema. Sin embargo, para servicios basados en la exactitud provista por E-OTD o A-GPS, no se puede asegurar que el servicio esté disponible cuando está en *roaming*. Además, existen numerosas opciones para la implementación de estos métodos exactos de localización, especialmente para A-GPS. Esto puede llevar a dificultades cuando se esté en *roaming*. Las consecuencias pueden ser que el servicio no funcione (por ejemplo, una terminal basada en A-GPS en una red que solamente soporte métodos de asistencia), o amplias variaciones de rendimiento. Mientras que estos problemas son resueltos a lo largo del tiempo, los operadores deben extremar precauciones cuando consideren el *roaming* para los servicios para los cuales están basados en estas tecnologías dependientes de las MS.

Para los métodos de localización basados y asistidos por la MS, las especificaciones para GSM y UMTS para E-OTD y para A-GPS especifican dos modos de operación. Primeramente están los métodos basados en MS, donde la función del cálculo de la localización es implicada en la MS, y luego es enviada a la red. El segundo es el método asistido por la MS, donde la MS solamente realiza mediciones y las reporta al Centro de Localización de MS's en Servicio (SMLC) de la red, el cual calcula la localización de la MS. Estos métodos son mostrados en las figuras 3.5. y 3.6.

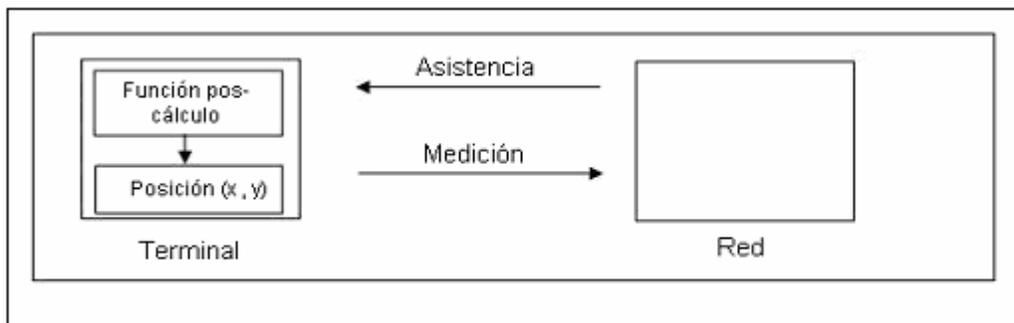


Figura 3.5. Método basado en la terminal.

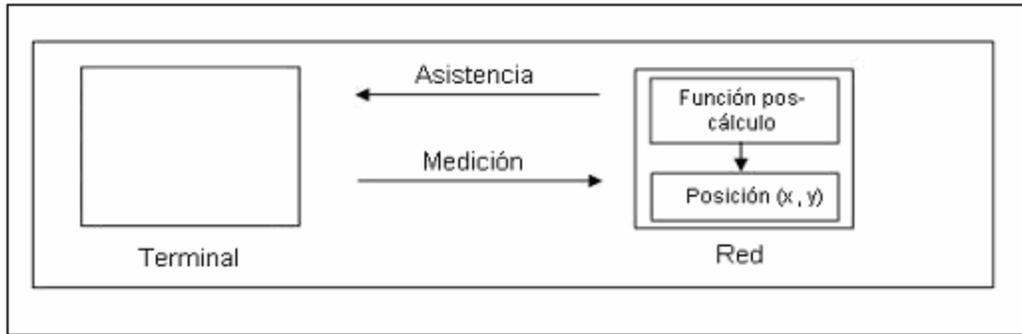


Figura 3.6. Método asistido por la terminal.

A pesar de que ambos métodos están disponibles en los estándares, muchos operadores GSM han expresado un claro deseo por soportar solamente métodos asistidos por las MS. La razón para esto es clara, con los métodos asistidos por MS la localización no es almacenada en la MS, y permanece segura en la red. Con métodos basados en MS, al almacenar la información en la MS, existe la posibilidad de que terceros puedan acceder a la localización del suscriptor sin tener que pasar por los GMLC's de los operadores. Esto representa una amenaza a los ingresos de los operadores, quienes han provisto las formas de cálculo de la localización por medio de la asistencia, y también representa una amenaza de privacidad para el suscriptor. Para E-OTD, muchas implementaciones prácticas fueron asistidas por MS, pero para A-GPS muchas implementaciones de MS pueden ser capaces de operar en cualquier modo. Además, los proveedores de infraestructura de GSM y los proveedores de MS han priorizado los métodos basados en MS sobre los métodos asistidos en MS.

Debido a las variaciones funcionales de MS, los operadores también deben tomar en cuenta que el comportamiento consistente de las MS no siempre se garantiza cuando se utilizan algunos métodos. Algunos de particular importancia son: cuando reciben mensajes de *paging*, cuando una sesión de datos de GPRS está activa, etc.

3.3. Operación de una red única

En los casos que se mencionan en este apartado sólo estará involucrada una red, que es la red local tanto del solicitante como del destino. En todos los casos el solicitante y el destino son mostrados por separado, pero evidentemente éstos podrían ser los mismos. Los distintos casos de operación de una red única son los siguientes:

- El solicitante es el destino (Tipo de servicio *Pull*).
- El solicitante no es el destino (Tipo de servicio *Pull*).
- El solicitante no es el destino (Tipo de servicio *Push*).
- El solicitante no es el destino (Tipo de servicio de Rastreo).

El solicitante es el destino (Tipo de servicio Pull). En este tipo de servicio, el solicitante accede a LBS que tiene que encontrar la localización del destino en tiempo real (en este caso el destino es el mismo solicitante). En la figura 3.7. se presenta un diagrama que muestra la forma en que opera el servicio descrito.

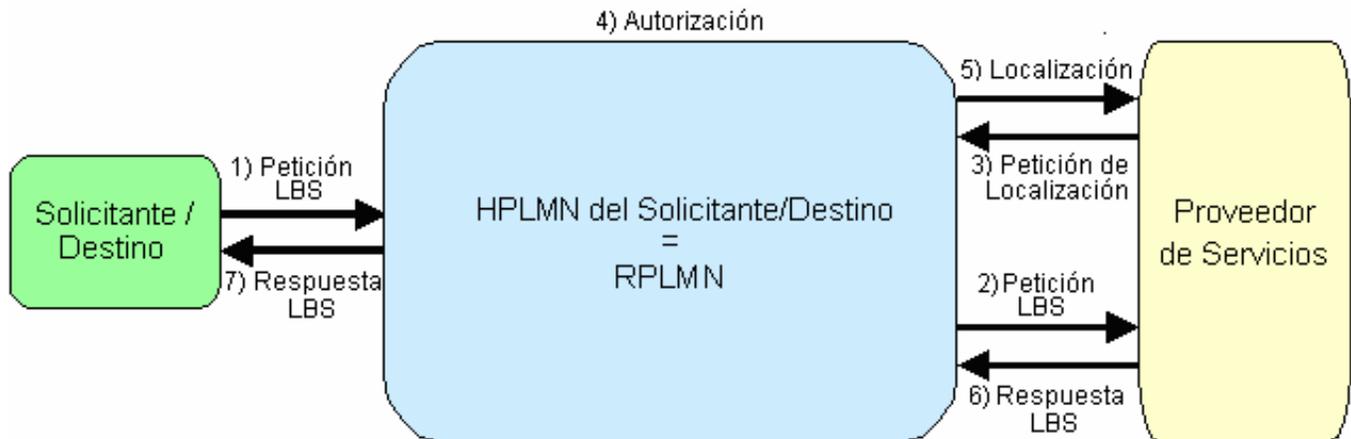


Figura 3.7. El solicitante es el destino (Tipo de servicio Pull).

Con base en la figura, podemos observar como paso 1 que el solicitante (que en este caso también es el destino) hace una petición de LBS. El segundo paso es que esa petición se hace

llegar al proveedor de servicios. El tercer paso es una petición de localización del proveedor de servicios hacia la HPLMN del destino. En el cuarto paso, la HPLMN, quien ya conoce el perfil del destino, autoriza dicha localización. En el paso 5, dicha información de localización se proporciona al proveedor de servicios. En el paso 6, se envía una respuesta LBS a la RPLMN mediante el proveedor de servicios, y por último, la respuesta LBS llega al solicitante.

El solicitante no es el destino (Tipo de servicio Pull). El solicitante accede al LBS, debido a que necesita encontrar la localización de un suscriptor diferente (destino). Un ejemplo de este tipo de servicio es el “buscador de amigos”, como podemos estudiarlo en la figura 3.8.

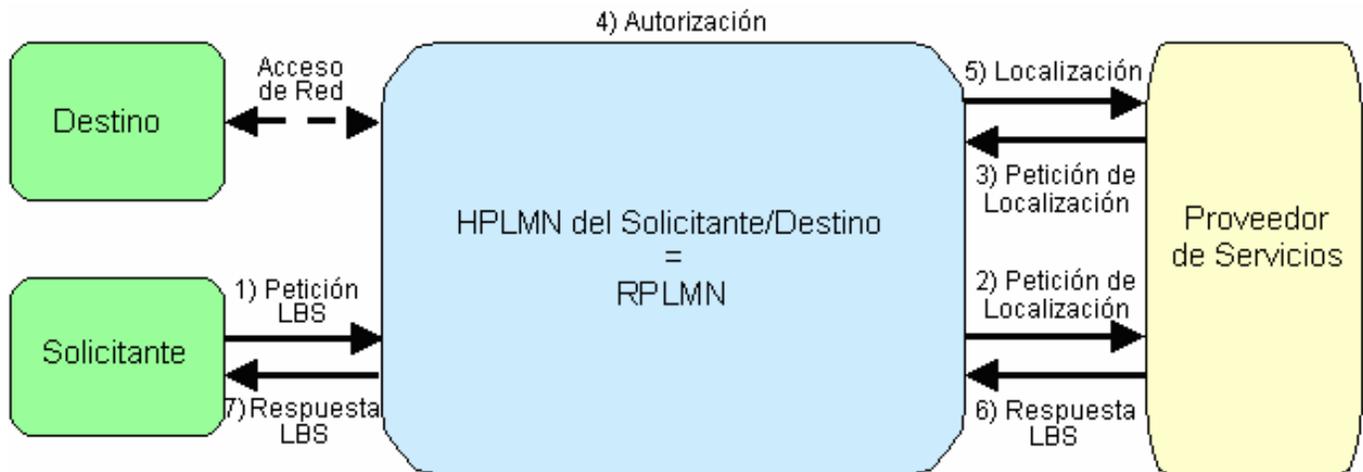


Figura 3.8. El solicitante no es el destino (Tipo de servicio Pull).

En la figura podemos observar como paso 1 que el solicitante realiza una petición LBS a la HPLMN del solicitante, que en este caso actúa como la RPLMN. El siguiente paso indica que la petición de localización llega al proveedor de servicios, el cual, en el paso 3, realiza la petición de localización del destino a la HPLMN que contiene el perfil del destino. Así, en el paso 4, el destino autoriza su localización mediante el acceso de red. En el paso 5, la localización del destino se proporciona al proveedor de servicios, quien a su vez, envía la respuesta LBS a través de la RPLMN en el paso 6. Como último paso, la respuesta LBS llega al solicitante.

El destino no es el solicitante (Tipo de servicio Push). Para este servicio el LBS provee al solicitante con la información basada en la localización del destino. Un ejemplo de este servicio

es solicitar la información correspondiente al clima local todas las mañanas. El procedimiento para entender dicho servicio lo podemos observar en la figura 3.9.



Figura 3.9. El destino no es el solicitante (Tipo de servicio Push).

Con base en la figura, podemos observar como primer paso que el proveedor de servicios hace una solicitud de localización del destino. En el paso 2, la HPLMN del destino (que ya tiene el perfil del destino) da la autorización para que esta localización se le entregue al solicitante. Posteriormente, como paso 3, se le proporciona la información de localización al proveedor de servicios, quien a su vez entrega la respuesta LBS a la RPLMN en el paso 4. El último paso es que la RPLMN entregue la respuesta LBS al solicitante.

El solicitante no es el destino (Tipo de servicio de Rastreo). Para este caso el solicitante accede a un LBS, el cual provee reportes sobre la localización del destino. Un ejemplo de este tipo de servicio es el rastreo de activos, que podemos observar en la figura 3.10. En la figura se observa que, como primer paso, el solicitante realiza una petición LBS a través de la HPLMN del destino, que en esta caso actúa como la RPLMN. En el paso 2, dicha solicitud es enviada al proveedor de servicios, quien a su vez realiza una solicitud de rastreo del destino en el paso 3. En el paso 4, la HPLMN, que ya tiene el perfil del destino, autoriza que la localización sea enviada al solicitante. En el paso 5, la información de localización del destino se proporciona al proveedor de servicio, quien a su vez envía la respuesta LBS a la RPLMN en el paso 6. Por último, en el paso 7, la respuesta LBS es enviada al solicitante.



Figura 3.10. Servicio de rastreo.

3.4. Operación de interconexión

La operación de interconexión implica la inclusión de más de una red, por lo que el solicitante y el destino son de diferentes HPLMN's. Los distintos casos de la operación de más de una red son los siguientes:

- Servicio hospedado en la HPLMN del solicitante.
- Servicio hospedado en la HPLMN del destino.
- Servicio hospedado en la red de un tercero.

Servicio hospedado en la HPLMN del solicitante. En este caso el solicitante accede a LBS basándose en su propia HPLMN, la cual necesita encontrar la localización del destino. Éste último se encuentra en una red distinta del solicitante. Un ejemplo de este servicio es el caso del “buscador de amigos”, el cual podemos observar en la figura 3.11. En ella encontramos que como primer paso, el solicitante realiza una petición LBS al proveedor de servicios mediante su HPLMN (RPLMN). Dicha petición LBS se hace al proveedor de servicios en el paso 2. En el tercer paso, el proveedor de servicios hace una petición de localización a la HPLMN del solicitante, la cual realiza la misma petición a la HPLMN del destino en el paso 4. La HPLMN del

destino autoriza que se le proporcione la información de localización al proveedor de servicio en el paso 5. En el paso 6, la información es enviada a la RPLMN, quien a su vez la envía al proveedor de servicios en el paso 7. En el paso 8 el proveedor de servicios envía la respuesta LBS a través de la RPLMN del solicitante, y como último paso, la respuesta LBS llega al solicitante.

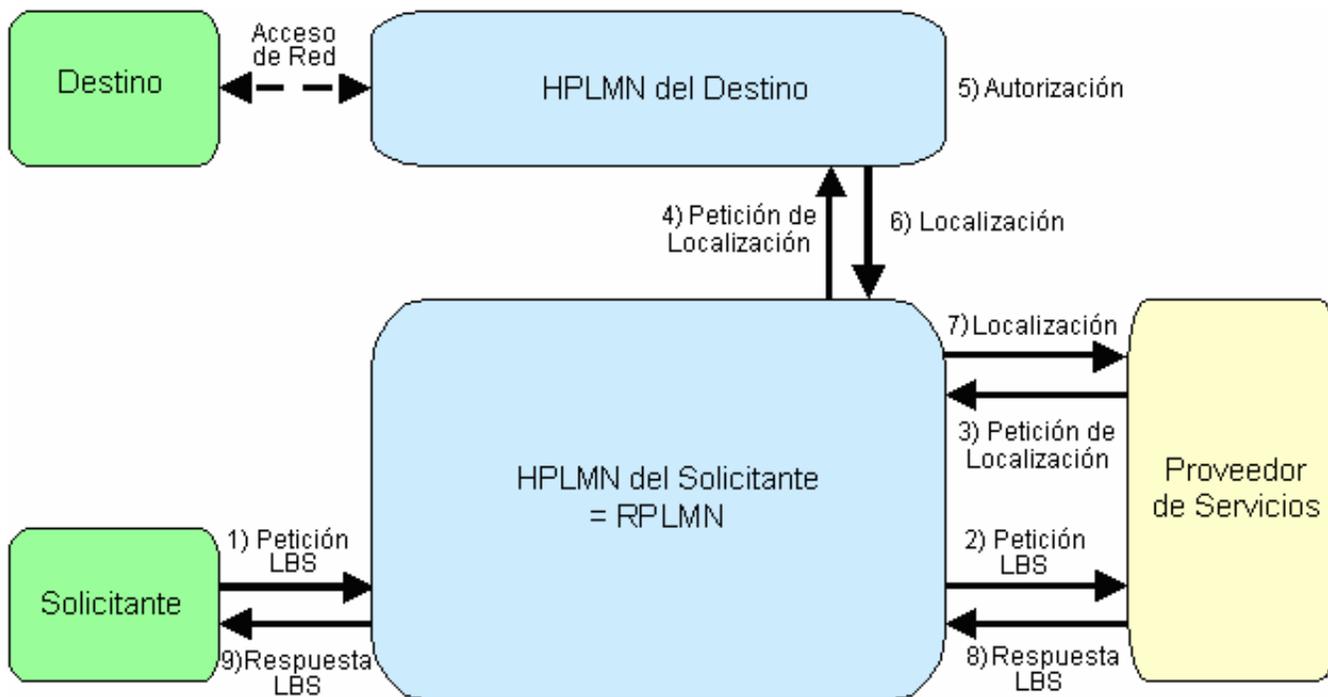


Figura 3.11. Servicio hospedado en la HPLMN del solicitante.

Servicio hospedado en la HPLMN del destino. En este caso el solicitante accede a LBS basándose en la HPLMN del destino, la cual necesita encontrar la localización del destino, que se encuentra en una red diferente. Esto lo podemos observar en la figura 3.12, en la cual se tiene que como primer paso el solicitante requiere de un servicio de LBS, a través de la HPLMN del solicitante. En el paso 2 la petición llega al proveedor de servicios. En el siguiente paso, el proveedor de servicios hace una petición de localización del destino a la HPLMN del destino. La HPLMN del destino, que ya conoce el perfil del abonado, autoriza la localización del destino. En el paso 5, la información de localización se envía de la HPLMN del destino al proveedor de

servicios, quien a su vez entrega la respuesta LBS a la HPLMN del solicitante en el paso 6. El último paso consiste en la entrega de la respuesta LBS al solicitante por medio de su HPLMN.

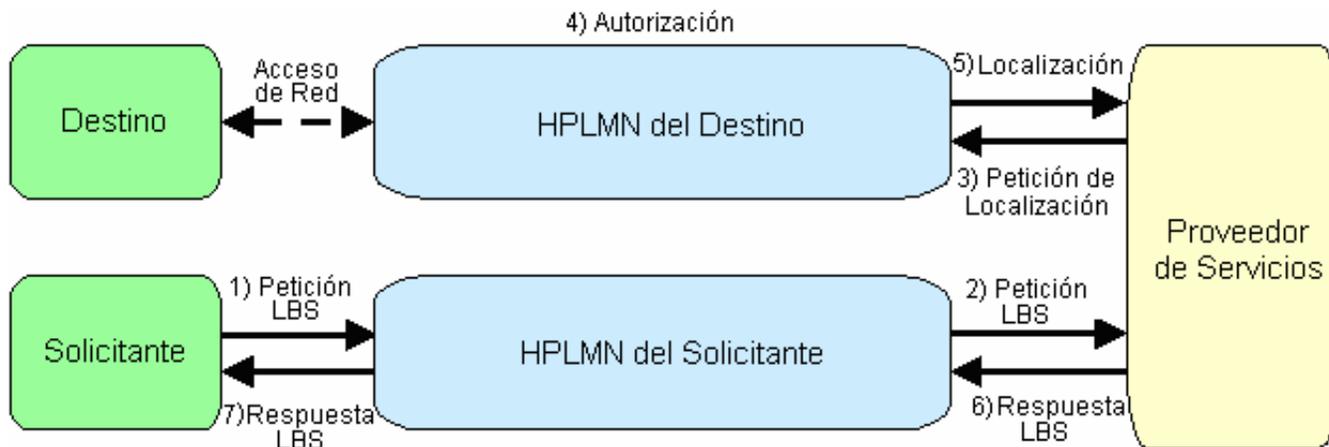


Figura 3.12. Servicio hospedado en la HPLMN de destino.

Servicio hospedado en la red de un tercero. En este caso el solicitante accede a LBS basándose en una red independiente, la cual necesita encontrar la localización del destino en una red diferente de la red del solicitante. Aunque esto no es muy usual, puede ser el caso cuando se accede a un proveedor de servicios independiente, el cual hace uso de la red de un tercero. Esto es equivalente a los Proveedores de Servicio de Internet (ISP) que ofrecen servicios de SMS a toda la red, por medio de una red única. Este tipo de servicio es representado en la figura 3.13. En ella observamos como primer paso al solicitante realizando una petición LBS a su propia HPLMN. Como siguiente paso, dicha petición es realizada ahora a la RPLMN, quien a su vez, realiza una petición LBS al proveedor de servicios en el paso 3. En los pasos 4 y 5, el proveedor de servicios realiza una petición de localización a la HPLMN del destino, quien al conocer el perfil del destino, autoriza la localización en el paso 6. En el séptimo paso, la información de localización se transmite de la HPLMN del destino a la RPLMN, quien a su vez la envía al proveedor de servicios en el paso 8. El proveedor de servicios ahora envía una respuesta LBS en el paso 9 a la RPLMN, quien a su vez la envía a la HPLMN del solicitante en el paso 10. Por último, la respuesta LBS es enviada al solicitante por medio de su HPLMN.

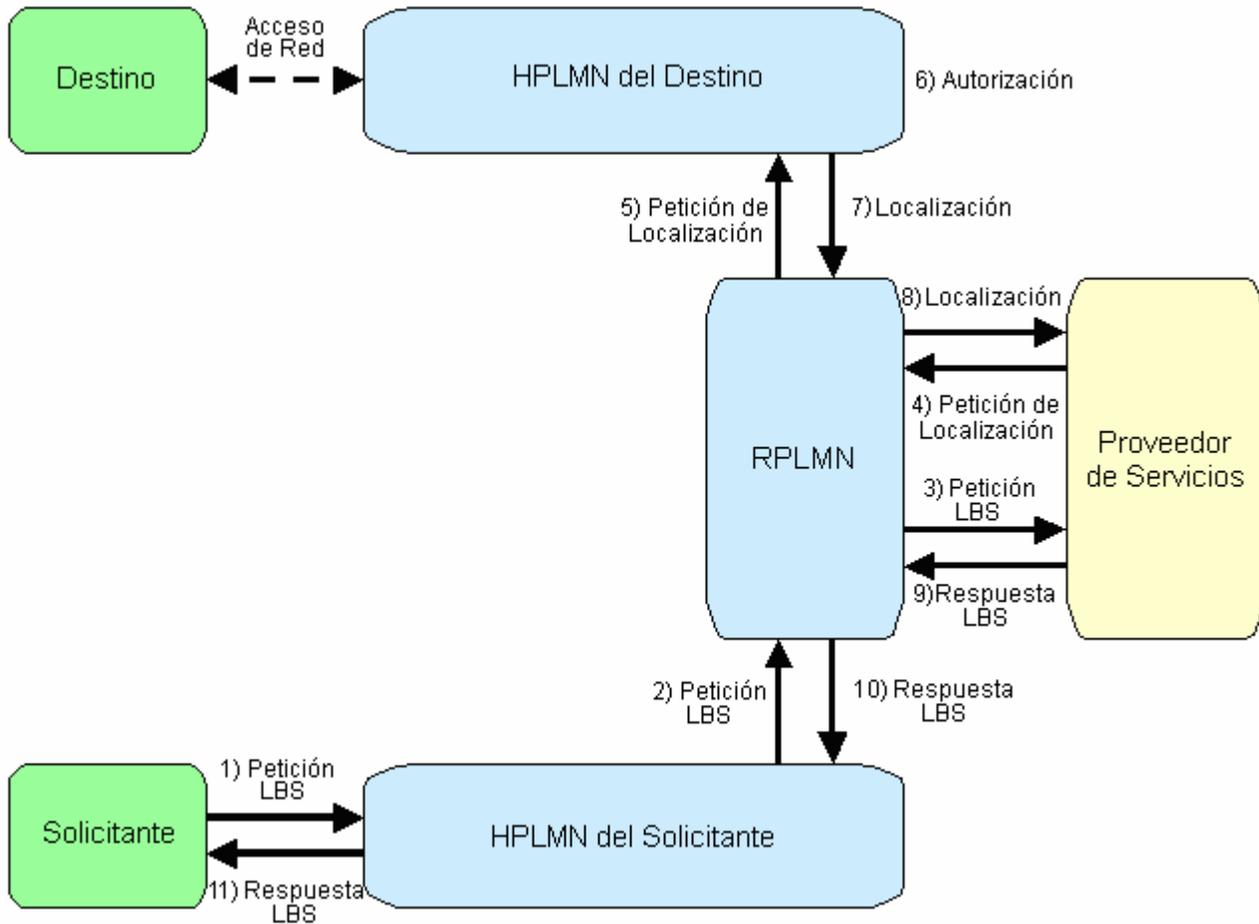


Figura 3.13. Servicio hospedado en la red de un tercero.

3.5. Roaming

En la función de *roaming* existen casos diversos destacando entre ellos la interoperabilidad, el papel del *roaming*, sus procesos generales y por último, el proceso de rastreo continuo.

3.5.1. Casos de Interoperabilidad y *Roaming*

Es importante que los LBS puedan demostrar su funcionamiento a través de fronteras de los operadores de red, como en el caso de *Roaming*, esto significa que los casos de prueba de interoperabilidad necesitan ser definidos para cada servicio. Un ejemplo de la interoperabilidad

es el dispositivo de Mediación (MD), el cual se puede considerar como un elemento opcional de la red, que tiene el objetivo de proteger los datos delicados del cliente.

El caso de *roaming* en LBS es más complicado que el *Roaming* de las llamadas de voz y de SMS. La complejidad se presenta en el hecho de que puede haber muchas partes implicadas en cada proceso de LBS. Los distintos servicios que serán tratados en este apartado son:

- Servicio hospedado en la HPLMN del solicitante.
- Servicio hospedado en la VPLMN del solicitante.
- Servicio hospedado en la HPLMN del destino.
- Servicio hospedado en la VPLMN del destino.

Servicio hospedado en la HPLMN de solicitante. En este caso el solicitante accede a LBS basándose en su propia HPLMN, la cual necesita encontrar la localización del destino en una red diferente. Este servicio es mostrado en la figura 3.14. En ella se aprecia como primer paso que el solicitante realiza una petición LBS a su VPLMN, que a su vez realiza la petición LBS a la HPLMN del solicitante en el paso 2. Como tercer paso, la petición LBS se hace al proveedor de servicios. Este solicita la localización del destino a la HPLMN del solicitante en el cuarto paso. En seguida, en el paso 5, la HPLMN del solicitante hace una petición de localización a la HPLMN del destino, la cual, al conocer el perfil del destino, autoriza la localización en el paso 6. Esta petición de localización se hace a la VPLMN del destino, quien devuelve la localización del destino en los pasos 7 y 8. El noveno paso consiste en el envío de la localización del destino de la HPLMN del destino a la HPLMN del solicitante. Esta última envía la localización al proveedor de servicios en el paso 10. El paso 11 consiste en enviar la respuesta LBS del proveedor de servicios a la HPLMN del solicitante, quien a su vez envía la respuesta LBS a la VPLMN del solicitante en el paso 12. El último paso consiste en enviar la respuesta LBS al solicitante por medio de su VPLMN.

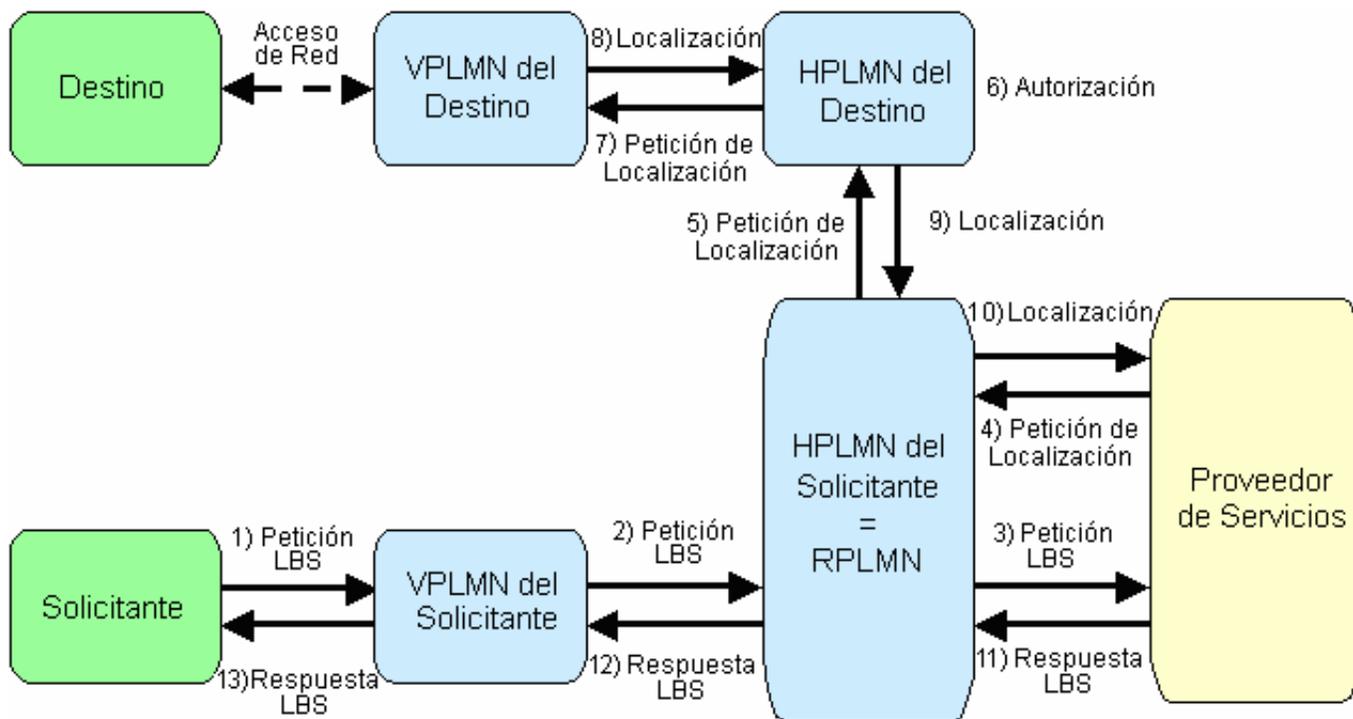


Figura 3.14. Servicio hospedado en la HPLMN del solicitante.

Servicio hospedado en la VPLMN del solicitante. Para este caso, el solicitante accede a LBS basándose en su propia VPLMN, la cual necesita encontrar la localización del destino, que se encuentra en una red distinta de la del solicitante. Este servicio se muestra en la figura 3.15, en la cual se observa como paso 1 que el solicitante realiza una petición LBS a la VPLMN del solicitante, que en este caso actúa como RPLMN. Ésta a su vez, en el paso 2, realiza la petición LBS al proveedor de servicios. En el paso 3, el proveedor de servicios solicita la localización a la RPLMN, la cual realizará la misma petición a la HPLMN del destino en el paso 4. La HPLMN del destino, al conocer el perfil del abonado, autoriza la localización en el paso 5. Es en el paso 6 cuando la HPLMN del destino realiza la petición de localización a la VPLMN del destino, la cual regresa la localización del destino a la HPLMN del destino en el paso 7. En el paso 8, la localización es enviada de la HPLMN del destino a la RPLMN, quien a su vez regresa la localización al proveedor de servicios en el paso 9. En el décimo paso, el proveedor de servicios envía la respuesta LBS a la RPLMN, que se encarga de transmitir esa respuesta al solicitante en el paso 11.

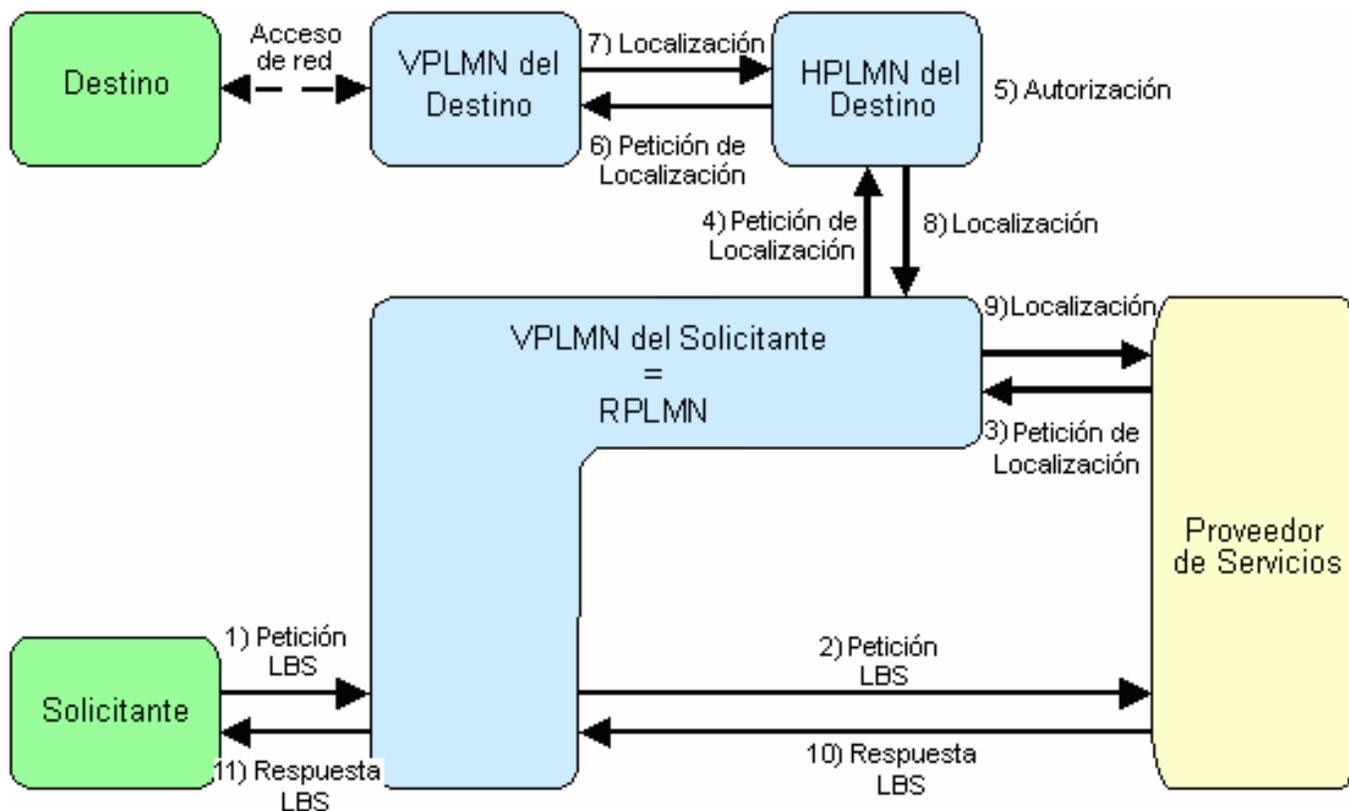


Figura 3.15. Servicio hospedado en la VPLMN del solicitante.

Servicio hospedado en la HPLMN del destino. En este caso, el solicitante accede a un servicio tal que es capaz de acceder directamente a la HPLMN del destino. Esto se muestra en la figura 3.16. En ella podemos observar que como primer paso el solicitante realiza una petición LBS hacia su propia VPLMN, la cual, en el paso 2 realiza la misma petición, pero ahora al proveedor de servicios. Éste realiza una petición de localización a la HPLMN del destino, que en este caso actúa como RPLMN. La RPLMN, que conoce el perfil del destino, autoriza la localización en el paso 4. El quinto paso consiste en que la RPLMN realiza una petición de localización a la VPLMN del destino, quien, en el paso 6, regresa la localización del destino a la misma RPLMN. La RPLMN, en el paso 7 regresa la información de localización al proveedor de servicios. Este envía una respuesta LBS a la VPLMN del solicitante en el paso 8, que a su vez regresa la respuesta LBS al solicitante en el paso 9.

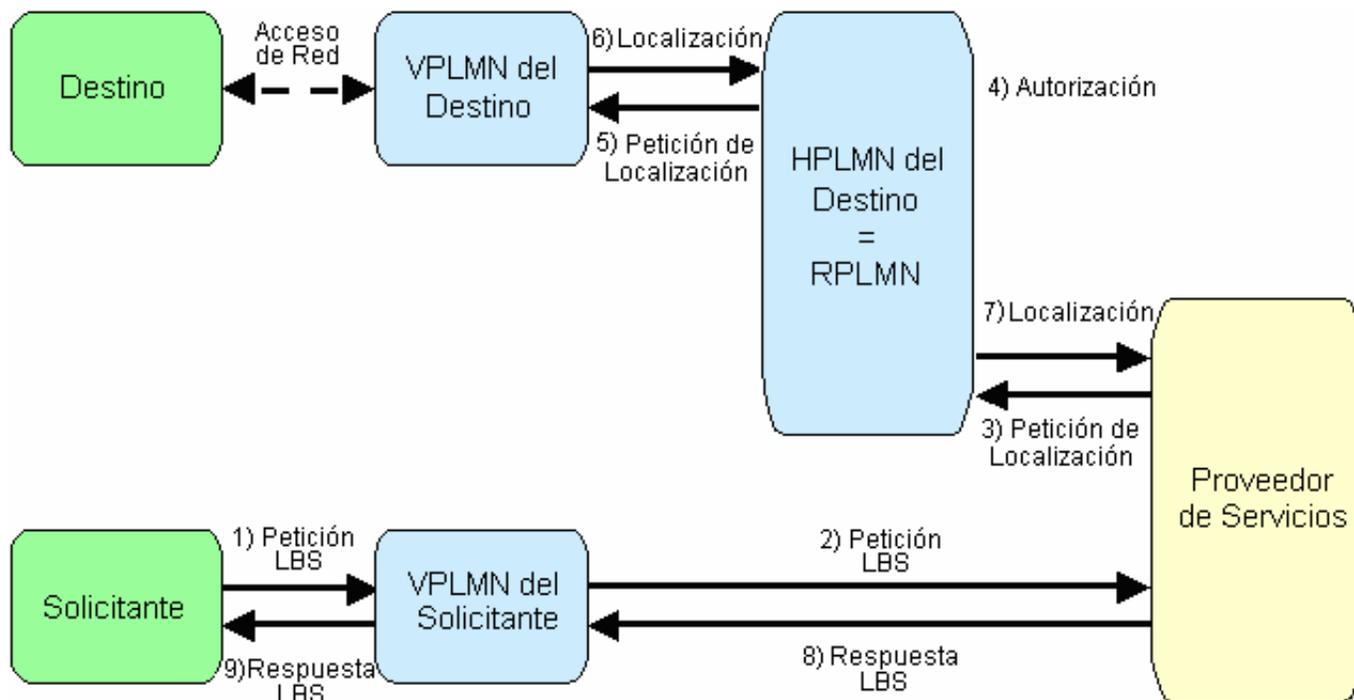


Figura 3.16. Servicio hospedado en la HPLMN del destino.

Servicio hospedado en la VPLMN del destino. En este servicio, el solicitante accede a un servicio que utiliza la VPLMN del destino para solicitar su localización. A pesar de que es posible que el solicitante localice al destino de manera directa, la petición de localización debe pasar por medio de la HPLMN del destino, para asegurar la autorización correcta. Este servicio está representado en la figura 3.17. En ella podemos observar que como paso 1 el solicitante requiere de un servicio de LBS a través de la VPLMN del solicitante. En el paso 2, la petición LBS se hace al proveedor de servicios, para que a su vez, en el paso 3, realice una petición de localización a la VPLMN del destino, que en este caso particular, actúa como RPLMN. El cuarto paso consiste en una petición de localización que hace la RPLMN a la HPLMN del destino. Esta, al conocer el perfil del usuario, otorga la autorización para la localización del destino a la RPLMN en el paso 5. El sexto paso consiste en la petición de localización que realiza la HPLMN del destino a la RPLMN, que contesta con la localización a la HPLMN del destino en el octavo paso. El noveno paso es el envío de la información de localización de la RPLMN al proveedor de servicios, que

en el paso 10, envía la respuesta LBS a la VPLMN del solicitante. Esta envía la respuesta LBS al solicitante en el paso 11.

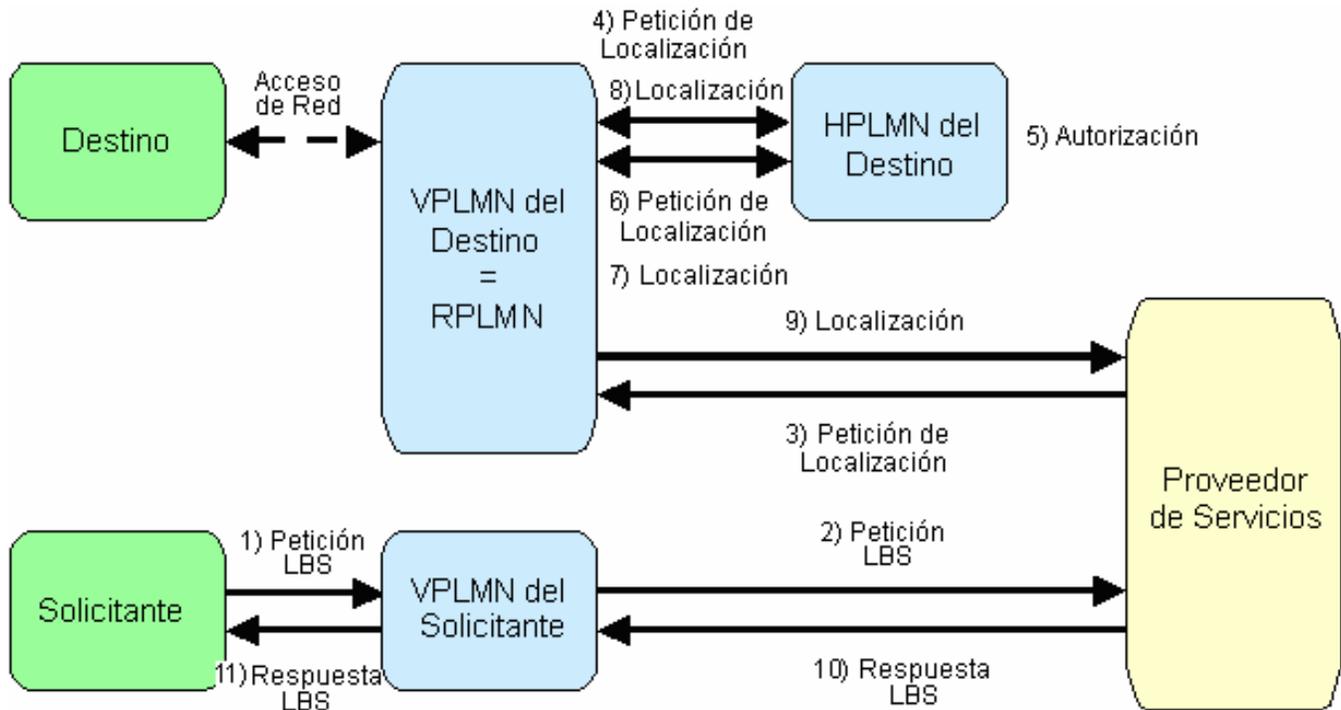


Figura 3.17. Servicio hospedado en la VPLMN del destino.

3.5.2. El papel del *roaming* en los Servicios Basados en Localización

Como se mencionó anteriormente, el proceso de *roaming* de LBS puede implicar múltiples grupos como son redes visitantes, redes locales, etc. Para habilitar el *roaming* de LBS en todas las situaciones que se puedan imaginar, se deben definir los papeles que cada grupo va a desempeñar en cada escenario posible. Los estándares de *roaming* de LBS necesitan ser definidos como interacciones entre los diversos grupos, que tienen diferentes papeles en el proceso.

Las funciones de las diferentes partes en la cadena del *roaming* son ejemplificados por algunos casos de uso. El cliente que solicita el servicio puede ser diferente del cliente que está siendo rastreado. Un ejemplo de esto es un servicio donde un usuario trata de localizar a su amigo. El usuario y su amigo pueden ser clientes de diferentes operadores. Este ejemplo identifica cuatro entidades diferentes: el cliente solicitante que trata de localizar a su amigo, el operador origen del cliente solicitante, el cliente rastreado y el operador origen del cliente rastreado.

Otro ejemplo separa los papeles del operador origen del cliente rastreado del operador en cuya red el cliente rastreado se encuentra de visita. El cliente puede viajar a otro país donde su operador local no tiene ninguna cobertura de red. El operador origen del cliente tiene un contrato de *roaming* con un operador local de aquel país. Ahora el operador local es el que, en realidad, es capaz de localizar al cliente. A este nuevo operador lo llamamos operador visitado.

Los proveedores de servicio para LBS no necesitan ser los operadores en sí. Los proveedores de servicio pueden de hecho ser compañías pequeñas con recursos limitados. Estos proveedores de servicio no pueden hacer contratos con todos los operadores en el mundo. Para permitir compartir ingresos en los LBS se necesita hacer contratos con algunos operadores de alguna manera. Por ejemplo, consideremos un usuario final que viaja a otro país. Dicho usuario desea localizar el hotel más cercano. Hay una compañía local que proporciona un servicio de encontrar un hotel, pero esta compañía no tiene un contrato con el operador del usuario. Este ejemplo hace que el papel del proveedor de servicios de contenido sea independiente del operador origen del destino. Otro ejemplo que mostramos es cuando un usuario final viaja al extranjero, donde la lengua es desconocida para él y quiere averiguar el pronóstico del tiempo para el día siguiente. Él decide usar el servicio de pronóstico del tiempo en su país de origen. El proveedor de servicios que proporciona el pronóstico del tiempo no tiene ningún contrato con el operador extranjero en cuya red el usuario final se encuentra. Este ejemplo separa el papel de operador que sirve al proveedor de servicios del operador en donde el usuario final se encuentra.

3.5.3. El proceso general de *roaming* en Servicios Basados en Localización

Para poder entender el proceso general de *roaming* en LBS es necesario que se ejemplifique este proceso. Un caso de uso típico puede ser el caso en el cual un servicio está situado en Gran Bretaña. El proveedor de servicio tiene un contrato con *Vodafone* en Gran Bretaña para los servicios de localización. Un usuario final es un suscriptor de *Radiolinja* en Finlandia. El usuario final está visitando la red *Orange* en Alemania. El usuario final ahora desea utilizar el servicio y accederlo usando su terminal WAP. *Radiolinja* está ahora en el papel del HPLMN del destino así como del HPLMN del solicitante. *Vodafone* tiene la función de al RPLMN y *Orange* en el papel de la VPLMN del destino así como VPLMN del solicitante, tal como lo muestra la figura 3.18.

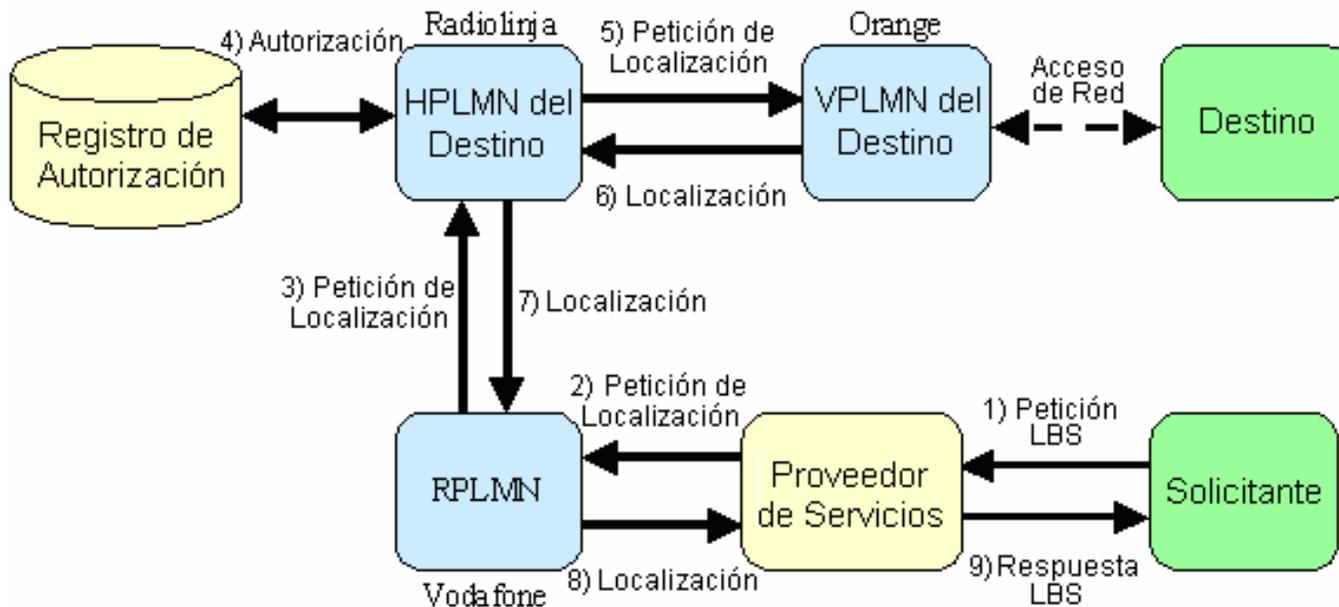


Figura 3.18. Flujo de mensajes en el proceso general de roaming de LBS.

En la figura observamos que como paso 1, el solicitante requiere un servicio de localización del proveedor de servicios. En el paso 2, el proveedor de servicios solicita la localización del destino a la RPLMN, que en el paso 3 dirigirá la petición de localización a la HPLMN del destino. En el paso 4 se verifica la autorización del destino para que sea localizado. Tras haber autorizado la localización, la HPLMN del destino, en el paso 5, realiza la petición de localización a la VPLMN del destino, que en el paso 6 regresa la localización del destino con la precisión indicada por el

solicitante desde un principio. En el séptimo paso, la información de localización es enviada de la HPLMN del destino a la RPLMN, que en el paso 8 reenvía dicha información al proveedor de servicios, que es el encargado de entregar la respuesta LBS al solicitante en el paso 9.

3.5.4. Proceso general de rastreo continuo

En el rastreo continuo, la información de localización es actualizada continuamente. En vez de solicitar la información de localización, una sesión debe ser instalada entre el Proveedor de servicios y la VPLMN del destino, lo cual es mostrado en figura 3.19.

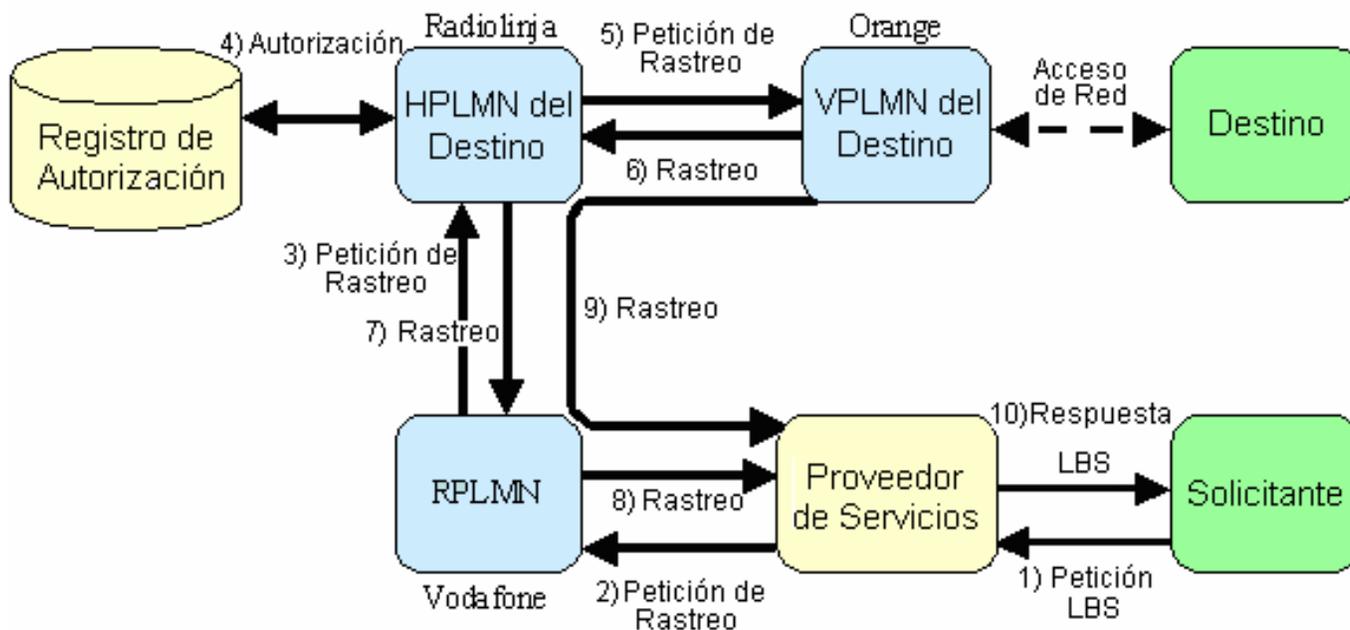


Figura 3.19. Proceso general de roaming de rastreo continuo.

En la figura observamos que como paso 1, el solicitante requiere un servicio de localización del proveedor de servicios. En el paso 2, el proveedor de servicios solicita el rastreo del destino a la RPLMN, que en el paso 3 dirigirá esta petición de rastreo a la HPLMN del destino. En el paso 4 se verifica la autorización del destino para que sea localizado. Tras haber autorizado la localización, la HPLMN del destino, en el paso 5, realiza la petición de rastreo a la VPLMN del

destino, que en el paso 6 regresa la información de rastreo del destino con la precisión indicada por el solicitante desde un principio. En el séptimo paso, la información de localización es enviada de la HPLMN del destino a la RPLMN, que en el paso 8 reenvía dicha información al proveedor de servicios. En el paso 9, la VPLMN del destino envía continuamente la información de rastreo al proveedor de servicios a través de la HPLMN del destino y de la RPLMN. Por último, en el paso 10, el proveedor de servicios envía la información de rastreo al solicitante.

3.6. Métodos de localización

Los métodos de localización pueden ser divididos en tres categorías: básico, mejorado y avanzado. Ejemplos de estas categorías son los siguientes: El método clasificado como básico está basado en el uso de identificación de célula (ID de célula), el cual puede ser usado por sí solo o con el avance de tiempo (TA), que es una medida del tiempo que transcurre en el envío de la señal desde la BTS hasta la MS. En el método de localización mejorado tenemos al Observador de la Diferencia de Tiempo Mejorado (E-OTD). Por último, como método de localización avanzado tenemos la Asistencia GPS (A-GPS).

La división de tecnologías de localización está basada en la exactitud del método de localización, pero hay otros factores a tomar en cuenta, que son: la complejidad del sistema y la inversión necesaria en equipo de la red y posiblemente en los MS's.

3.6.1. Método nivel básico: ID de Célula

En el método de localización de ID de célula, la célula donde el MS está conectado es la "medida" de localización del MS. Esta información está disponible en la red y en el MS. El ID de célula es convertido entonces a una localización geográfica, este método de localización lo podemos observar en la figura 3.20.

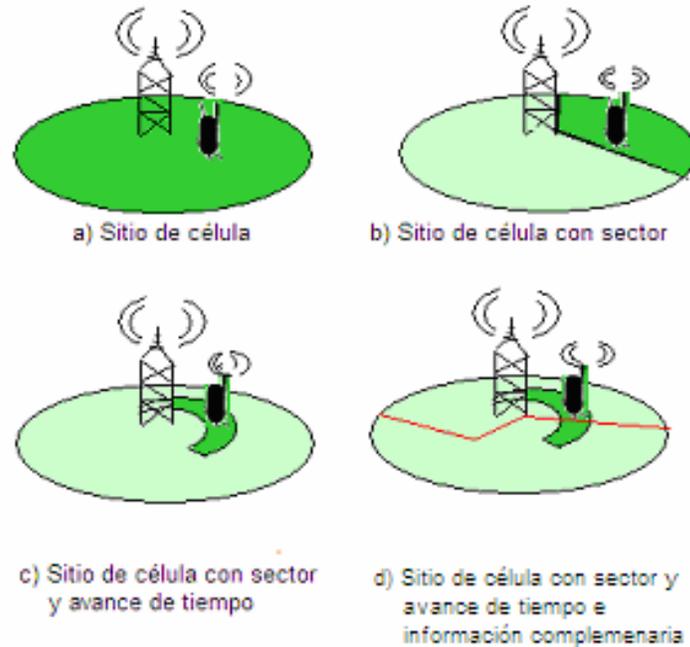


Figura 3.20. Método de localización de ID de Célula.

El método de ID de célula puede soportar todos los tipos de MS y abonados *roaming*. La exactitud está en función del tamaño de la célula. El avance de tiempo (TA) puede ser usado para mejorar el rendimiento, si es que éste está disponible, y mejora la exactitud en algunos casos. En la tabla 3.2. se muestran las características del método ID de Célula en distintas áreas.

Método	Rural	Suburbano	Urbano	Dentro de inmuebles
ID de Célula	Rango 1km-35km Típico 15km Extremo ~100km	Rango 1km-10km Típico 5km	Macro celdas: Rango 500m-5km Típico 2km Micro celdas: Rango 50m-500m Típico 200m	Si el Pico de celdas es desplegado típicamente 10m-50m
ID de Célula + TA	TA no proporciona mejoras en la exactitud. Sin embargo, éste es un buen parámetro para verificar si el MS fue conectado a la célula más cercana.			

Tabla 3.2. Exactitud del método de ID de célula.

3.6.2. Método nivel mejorado: Observador de la Diferencia de Tiempo Mejorado

El método de Observador de la Diferencia de Tiempo Mejorado (E-OTD) está basada en el tiempo, donde el MS mide el tiempo de llegada de señales transmitidas desde 3 distintas BTS's, como se muestra en la figura 3.21. Esta capacidad de medición del tiempo de E-OTD es una nueva función en el MS. En E-OTD asistido por la MS, las mediciones de tiempo hechas por el MS son transferidas al SMLC. Las mediciones devueltas están relacionadas con la distancia de cada BTS al MS y la localización del MS es estimada usando el método de triangulación. En E-OTD basado en el MS, la función de cálculo de localización está en el MS y la localización es devuelta al SMLC.

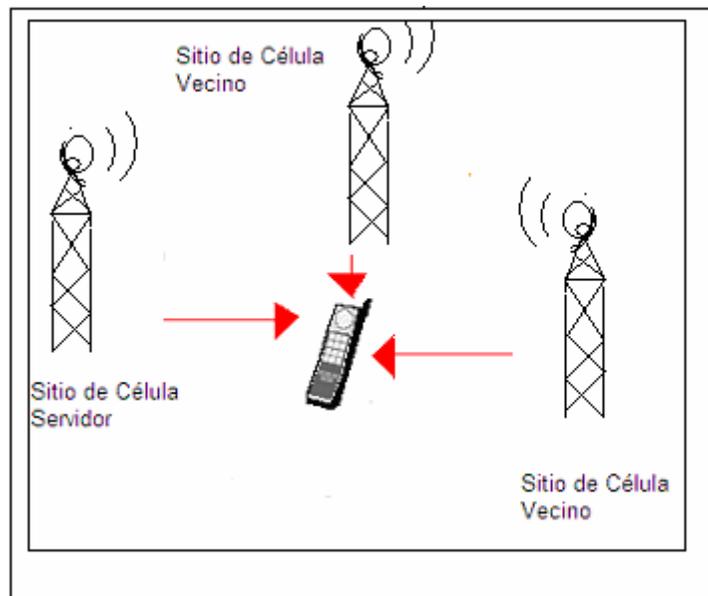


Figura 3.21. Observador de la diferencia de tiempo mejorado (E-OTD).

La localización de cada BTS debe saberse con exactitud ($<10\text{m}$ recomendado) para llevar a cabo la triangulación y calcular la localización del MS. Los tiempos de transmisión de cada BTS también deben ser conocidos con exactitud para que funcione este método. Si la red no está sincronizada, entonces el tiempo de transmisión de la BTS debe ser medido usando una red de unidades de medición de localización (LMU's). Los LMU's son esencialmente MS's modificados,

opcionalmente con un receptor GPS colocado en una localización exacta y con la capacidad de llevar a cabo la mediciones de E-OTD y devolverlos al SMLC.

La exactitud de E-OTD está en función de la densidad de la célula, la planeación de la célula, las multitrayectorias, la interferencia, el ruido, el rendimiento del LMU y la exactitud de la localización del sitio de la célula. La exactitud no se degrada mucho dentro de inmuebles y E-OTD funciona bien en áreas de densidad de BTS's altas. A la inversa, el método E-OTD tiene rendimiento deficiente en áreas de densidad de BTS's bajas. En la tabla 3.3. Se muestra el comportamiento del método E-OTD en distintas áreas.

Método	Rural	Suburbano	Urbano	Dentro de inmuebles
E-OTD	50m-150m	50m-150m	50m-150m	Bueno
	Una gran cantidad de multitrayectorias y bloqueos pueden degradar bruscamente el funcionamiento en condiciones urbanas difíciles. Funcionamiento deficiente en áreas de baja densidad de BTS's, como ambientes rurales.			

Tabla 3.3. Exactitud del método E-OTD.

3.6.3. Método nivel avanzado: Asistencia GPS

El método de asistencia del sistema de posicionamiento global (A-GPS) es un método de localización basado en tiempo, donde el MS mide el tiempo de llegada de señales transmitidas de 3 distintos satélites GPS, como lo podemos apreciar en la figura 3.22. Añadiendo la función GPS al MS se tiene un alto impacto sobre éste, el cual requiere de un nuevo hardware y software. La mayoría de las implementaciones de A-GPS tienen un bajo impacto en la red, requiriendo solamente el soporte en el SMLC.

En general, la información decodificada por el receptor GPS desde los satélites es transmitida al MS por medio de la red de radio trayendo las mejoras en tiempo en la vida de la batería, ya que el MS no tiene necesidad de buscar y decodificar las señales de cada satélite disponible.

A-GPS también proporciona buena exactitud vertical y estimación de velocidad. La señalización de datos de asistencia GPS hacia el MS puede tomar algunas décimas de segundo, pero una vez recibida por el MS, la información asistida es útil hasta por cuatro horas. Las diferentes implementaciones de A-GPS son dos: asistido por el MS, en donde las mediciones son enviadas a la red para el cálculo de la localización, y basado en el MS, en donde la localización es calculada por el mismo MS, y posteriormente enviada a la red.

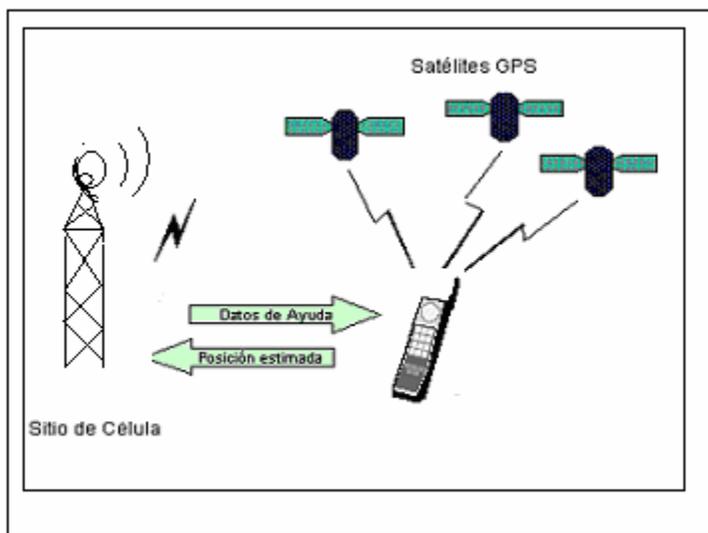


Figura 3.22. GPS Asistido.

En la tabla 3.4. se muestra el comportamiento del método A-GPS en distintas áreas.

Método	Rural	Suburbano	Urbano	Dentro de inmuebles
A-GPS	10m	10-20m	10-100m	Variable
Todavía no está probado en ambientes internos – Se interrumpirá la identificación de la célula si el método falla.				

Tabla 3.4. Comportamiento del método de Asistencia GPS.

3.7. Descripción de posibles Servicios Basados en Localización

Los Servicios Basados en Localización presentan un campo de acción muy amplio, entre ellos se pueden mencionar los de seguridad pública, los de cobro, los de rastreo, enrutamiento mejorado de llamadas, de información basada en localización y el levantamiento de una red.

3.7.1. Servicios de seguridad pública

Los proveedores de servicios ofrecen servicios basados en localización para el bienestar del público. Estos servicios pueden habilitarse sin requerir una suscripción previa. Los servicios más importantes de seguridad pública son los servicios de emergencia y los servicios de alerta de emergencias.

Servicios de emergencia. Las consideraciones específicas de los servicios de emergencia obligatorios deben ser específicas a la región o a la nación, por ejemplo, para el caso de Estados Unidos de América, se toman los siguientes estándares para la exactitud y confiabilidad de la localización:

- Para soluciones basadas en red: 100 metros para el 67% de las llamadas, y 300 metros para el 95% de las llamadas.
- Para soluciones basadas en el MS: 50 metros para el 67% de las llamadas y 150 metros para el 95% de las llamadas.

Servicios de alerta de emergencias. Estos servicios pueden ser habilitados para notificar a suscriptores móviles dentro de una ubicación geográfica específica de alertas de emergencia. Entre las alertas principales podemos considerar los tornados o huracanes, las posibles erupciones de volcanes, las sísmicas, etc.

3.7.2. Cobro basado en localización

El cobro basado en localización permite que a los suscriptores se les cobren tarifas distintas dependiendo de la localización del suscriptor o la zona geográfica. Las tarifas cobrables pueden ser aplicables a la duración completa de la llamada, o solamente a una parte de ella. Adicionalmente, las tarifas pueden diferir basándose en la hora del día o el día de la semana, además de que pueden aplicarse de manera individual o grupal, lo cual puede ser deseable, por ejemplo, en empresas o negocios. Las localizaciones pueden ser definidas para grupos de negocios para incluir grupos corporativos, zonas de trabajo o negocios con diferentes escalas de tarifas de cobro. Los usuarios individuales o grupales deben ser notificados del cobro aplicable dependiendo de la zona donde se encuentren, y deben ser notificados cuando dicha tarifa cambie.

El cobro basado en localización puede ser invocado debido a un registro inicial. Una zona cobrable puede ser entonces asociada con la localización del suscriptor. Cuando el suscriptor se mueva a una zona distinta, éste debe ser notificado. Por ejemplo, cuando el servicio se provee a un suscriptor, se pueden aplicar tarifas reducidas en aquellas zonas que más frecuenta, tomando en cuenta su rutina diaria y su estilo de vida. Distintas tarifas pueden ser aplicadas a clubes campestres, campos de golf, centros comerciales, etc. Por ejemplo, una zona local puede ser definida como la zona donde se centra el lugar de residencia del usuario, un área más grande acordada previamente, la zona de trabajo o viaje o alguna zona no relacionada. Dicha zona puede cambiar su área de cobertura en tamaño.

El sistema de facturación necesitará considerar los siguientes escenarios posibles:

- El suscriptor permanece en la misma zona de cobro durante la duración de la llamada.
- El usuario puede iniciar la llamada en una zona, moverse a una zona distinta y terminar la llamada.
- El usuario puede cruzar entre múltiples zonas durante la duración de la llamada, y la llamada puede ser terminada donde comenzó o en una zona distinta.

- Para tener un soporte apropiado para realizar el cobro, los registros detallados de llamada (CDR's) deben contener la siguiente información adicional:
 - Identificador del servicio de localización (cobro basado en localización).
 - Información de localización.
 - Información de zona.
 - Tipo de evento.
 - Duración del evento.

Si un suscriptor con un servicio activo de cobro basado en localización se mueve a un lugar donde esté en condiciones de roaming, y dicho sitio no soporta el servicio, el suscriptor debe ser notificado con un mensaje “fuera de zona de cobertura”, utilizando el mejor método posible (display, SMS, etc).

3.7.3. Servicios de rastreo

Dentro de los servicios de rastreo se consideran los servicios de administración de flotillas o activos y los servicios de monitoreo de tráfico.

Servicios de administración de flotillas o activos. Este tipo de servicios permiten el rastreo de la localización de usuarios de grupo. Como ejemplos se pueden mencionar a un supervisor de un servicio de entregas que necesita conocer la localización exacta de los empleados; unos padres que necesitan saber dónde se encuentran sus hijos; el rastreo de animales; el rastreo de activos, la localización y recuperación de vehículos robados, etc.

Se puede hacer una gran distinción para los servicios de administración de flotillas o activos entre el gerente a cargo del rastreo (solicitante) y las flotillas, que son las entidades rastreadas (destinos). El solicitante puede hacer uso de MS's con posibles funciones especializadas (navegadores de Internet, etc.). El solicitante debe poder tener acceso a una o varias localizaciones de los destinos y su estado a través de una interfaz específica de comunicación (Internet, Respuesta de Voz Interactiva o IVR, servicio de datos, etc.).

La red debe tener la capacidad de proveer la última localización conocida y el tiempo exacto. En los casos en donde los servicios de grupo de la estación MS del usuario no se encuentren registradas (por ejemplo, estado inactivo ó fuera de cobertura), la información de última localización conocida y el tiempo exacto deben ser provistas opcionalmente. Si esta información no se encuentra disponible en tiempo real, se debe proporcionar una razón por la cuál dicha información no está disponible. La activación de los servicios de administración de activos o flotillas se puede efectuar por medio del aprovisionamiento del suscriptor a través del proveedor de servicios, así como por medio de códigos de activación propios de los usuarios ó suscriptores de grupos.

Monitoreo de tráfico. Los MS's en avenidas importantes pueden ser muestreados para determinar la velocidad promedio de los vehículos. De esta manera, una congestión puede ser detectada e informada. La congestión, el flujo promedio, la ocupación de vehículos y la información relacionada al tráfico pueden ser colectados desde una gran variedad de fuentes, incluyendo sensores telemáticos de avenidas, organizaciones de asistencia de caminos y reportes de conductores individuales. Además de que las velocidades pueden ser computarizadas a través de un muestreo aleatorio de localizaciones de los destinos.

Un muestreo anónimo de los destinos requieren de información única relacionada a la localización de los mismos. Dependiendo de las capacidades del método de localización, el comportamiento del tráfico descrito anteriormente puede ser determinado si un destino es muestreado por lo menos dos veces dentro de un periodo finito predeterminado. La identificación del destino debe ser lo suficientemente única para permitir mediciones separadas en tiempo, antes de que la fuente de identificación sea eliminada. El nivel de unicidad puede ser identificado por la Identificación Internacional del Suscriptor Móvil (IMSI) o un dato equivalente. Por ejemplo, para mantener una estimación de 1000 localizaciones para subsecuentes muestreos futuros requiere únicamente de los 3 dígitos menos significativos del IMSI.

3.7.4. Enrutamiento mejorado de llamadas

El Enrutamiento Mejorado de Llamadas (ECR), permite a los suscriptores o a las llamadas de usuarios ser enrutadas al servicio del cliente más cercano basado en la localización de las llamadas donde son originadas. El usuario puede marcar de manera opcional una marcación o código de servicio para invocar el servicio (por ejemplo, *GAS para localizar la gasolinera más cercana, etc.).

Además del enrutamiento de llamada basada en localización, el ECR debe poder entregar la información de localización al servicio asociado al cliente. Esta capacidad puede necesitarse para servicios tales como el servicio de emergencia en caminos. Los servicios ECR pueden ser ofrecidos, por ejemplo, a través de menús interactivos para ofrecer una gran variedad de servicios.

3.7.5. Servicios de información basada en localización

Los servicios de información basada en localización permiten a los suscriptores acceder a la información filtrada con base en la localización del usuario. Las peticiones de servicio pueden ser iniciadas bajo demanda de los suscriptores, o automáticamente cuando ciertas condiciones se cumplan y puede haber una petición única o un resultado en respuestas periódicas. Los servicios de información basada en localización se dividen en varios grupos, entre los cuales podemos mencionar: la navegación, las visitas guiadas de ciudades, la transmisión de contenidos dependientes de la localización, el buscador de números telefónicos, etc.

Navegación. El propósito de la aplicación de navegación es guiar al usuario MS a su destino. La información guía puede ser, por ejemplo, en formato de texto plano, información de texto con símbolos (por ejemplo, una vuelta + la distancia) o símbolos sobre un mapa. Las instrucciones pueden ser entregadas también verbalmente a los usuarios por medio de una llamada de voz. Esto puede involucrar a un proveedor de servicios dando instrucciones verbales a un motociclista

perdido, o proveer mensajes cortos periódicos (usando SMS, por ejemplo), como una alternativa a la provisión de un mapa gráfico.

El servicio de navegación se puede cumplir si se tiene una terminal GSM que tenga capacidades de tecnología de localización de algunos metros de precisión. Este servicio puede ser manipulado, ya sea por un menú directamente desde la MS, mediante alguna aplicación que pueda residir en la SIM, o bien, mediante una terminal basada en WAP, con una aplicación que contenga un mapa, similar a un sistema GPS. Un servidor central podrá manejar todas las localizaciones de los mapas y podrá guardar localizaciones específicas, por ejemplo, de algún restaurante favorito.

Visitas guiadas de ciudades. Pueden habilitar la entrega de información relacionada a una localización específica a la persona que visita dicha ciudad. Esta información consiste de una combinación de los servicios descritos a través del presente documento para describir sitios históricos, proporcionando instrucciones de navegación para llegar de un sitio a otro, facilitar la búsqueda de restaurantes cercanos, bancos, aeropuertos, terminales de autobuses, hoteles, etc.

Transmisión de contenidos dependientes de la localización. La principal característica de esta categoría de servicio es que la red automáticamente transmita información a la MS que se encuentren en cierta localización geográfica. La información puede ser transmitida a todas las terminales de dicha ubicación, o bien, puede ser transmitida únicamente a los miembros de un grupo específico (probablemente a ciertos miembros de una organización específica). El usuario puede deshabilitar la función totalmente de la MS o seleccionar únicamente las categorías de información en las que se pueda interesar. Como un ejemplo de este servicio se puede nombrar la publicidad dependiendo de la localización, algunos comerciantes pueden transmitir publicidad a los pasajeros basándose en su localización, demografía, etc. Por ejemplo: “Descuento únicamente el día de hoy del 30% en pantalones”.

Buscador de números telefónicos. El Internet ha cambiado también la forma en cómo las personas buscan números telefónicos. En lugar de consultar números telefónicos o llamar al número de asistencia, el usuario puede consultarlos por medio del Internet. La necesidad de

copiar el número en papel ha desaparecido. De forma inalámbrica se ha dado un paso adelante al agregar la localización del suscriptor en la búsqueda, así, el número telefónico buscado se puede restringir a una búsqueda de los números que se encuentran más cercanos de la localización actual del MS, en lugar de buscarlo en los números telefónicos de una región de 80 km.

El servicio de páginas blancas provee al usuario con la localización del punto de servicio más cercano, por ejemplo, un restaurante italiano. El resultado de la consulta puede ser una lista de puntos de servicio que satisfacen completamente los criterios (por ejemplo, los restaurantes italianos alrededor de tres kilómetros). La información puede ser provista al usuario en formato de texto (por ejemplo, el nombre del restaurante, la dirección y el número telefónico) o en formato gráfico (un mapa mostrando la localización del usuario y el restaurante).

3.7.6. Servicios de levantamiento de una red

Como parte de los servicios de levantamiento de una red se consideran la planeación de aplicaciones para una red, las mejoras en la calidad de servicio de las aplicaciones de red y la administración de recursos mejorados de radio.

Planeación de aplicaciones para una red. Un operador de red puede utilizar servicios de localización para ayudar a la planeación de una red. El operador debe ser capaz de localizar llamadas en ciertas áreas para estimar la distribución de llamadas y la movilidad del usuario para propósitos de diseño y planeación de la misma red. Estas aplicaciones pueden ser utilizadas para ubicación de focos rojos y modelado del comportamiento de los usuarios.

Mejoras en la calidad de servicio de las aplicaciones de red. Los operadores de red deben ser capaces de utilizar servicios de localización para mejorar la calidad de servicio (QoS) de la red. El sistema de localización puede ser usado para rastrear llamadas no terminadas o caídas para identificar las áreas problemáticas. El sistema puede ser usado de la misma manera para identificar áreas de calidad muy pobre.

Administración de recursos mejorados de radio. La localización del MS puede ser utilizada para realizar *handovers* más inteligentes y técnicas de alojamiento más eficiente de canales.

Una vez vistos los distintos casos en los que puede consistir un Sistema Basado en Localización, en el siguiente capítulo presentamos el diseño e implementación de dicho sistema.

4. DISEÑO E INTEGRACION DE UN SISTEMA DE LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo explicamos con detalle los componentes que integran el Sistema Basado en Localización. Presentamos la integración e interacción que tienen los diferentes sistemas que conforman el Sistema Basado en Localización.

4.1. Introducción

Ya que hemos visto las características que componen a un Sistema Basado en Localización, en el presente capítulo explicamos el diseño de nuestro Sistema Basado en Localización por medio de telefonía celular, así como las razones que nos motivaron a utilizar el diseño propuesto.

Es importante mencionar que el diseño propuesto utiliza las características más comunes de un Sistema Basado en Localización, como son la administración de abonados y los perfiles de los clientes LCS, que como hemos visto anteriormente, son los clientes que desean utilizar un servicio de localización; y pueden ser abonados de la red, un operador de red o una aplicación externa o proveedor de servicios.

El diseño del sistema de localización para el operador de telefonía celular está basado en las recomendaciones de 3GPP, las cuales mencionan el uso de un Servidor Habilitador de Localización (LES), un Servidor de datos Cartográficos (CS) y el GMLC/SMLC para GSM/GPRS. Esta arquitectura nos permite también el acceso a interfaces, mapeo, direccionamiento, guías y otros servicios avanzados de localización. Este diseño se muestra en la figura 4.1.



Figura 4.1. Diseño propuesto del Sistema Basado en Localización.

La integración de un Sistema Basado en Localización a la red del operador de telefonía celular debe hacerse por medio de proveedores de servicios externos a dicho operador, puesto que en el mercado comercial existen numerosas ofertas que son configurables con la red de cualquier

operador de telefonía celular, y esto disminuye tanto el costo como el tiempo de implementación de la solución.

Para lograr una buena integración se revisan las principales ofertas comerciales que se encuentran en la actualidad, con el fin de realizar una decisión de compra acertada, basada en las características que cada uno de los proveedores ofrece, así como la relación costo – beneficio.

4.2. Estudio de las soluciones

La presente sección muestra las opciones que ofrecen algunos de los distintos proveedores de servicios, particularmente trataremos los productos que ofrecen los proveedores de servicios *Andrew Corporation*, *Oksijen*, *Digital Earth Systems* y *Autodesk*. Se muestra para cada caso las características generales y más importantes de los equipos, su costo, el tiempo de soporte de la aplicación, etc.

Las características técnicas de las herramientas en estudio no están disponibles sino hasta el momento en que el operador hace una decisión de compra final. Es en este momento que el proveedor de servicios especifica las características técnicas de los equipos en los cuales instalará su plataforma, ya sea de *hardware*, de *software*, o ambas.

La comparación entre las soluciones que ofrece cada uno de los proveedores de servicios se hará con base en las características que tengan en común. Una vez presentadas las características operativas de cada una de las soluciones que proporcionan los proveedores de servicios, se integra una tabla comparativa con las características comunes de cada solución.

4.2.1. Andrew Corporation

El proveedor de servicios *Andrew Corporation* ofrece su herramienta comercial *Geometrix*, la cual es una herramienta unificada que comprende un GMLC, un SMLC, un SMLC autónomo, o

una combinación de cualquiera de las tres equipos, también denominados nodos de la red. Estos equipos forman la parte física de la solución, mejor conocido como el *hardware*. El uso de un SMLC requiere regularmente del uso de un GMLC, pero el SMLC autónomo de *Geometrix* se utiliza de forma independiente del GMLC. Sin embargo, el uso del SMLC autónomo es restringido a los operadores que utilicen únicamente redes de tercera generación.

Entre las características principales que ofrece *Geometrix* se puede mencionar que utiliza los métodos de localización basados en la MS, basados en la red, o una combinación de ambos. Puede actualizarse de acuerdo a los métodos de localización utilizados por el operador de telefonía celular, como son asistencia GPS, Identificador de Célula, Identificador de Célula Mejorado, etc. Se puede utilizar con diversas tecnologías de red, como son GSM, GPRS, UMTS, CDMA, TDMA o inclusive AMPS. Puede utilizarse la misma plataforma de *hardware* para configurar ambos equipos, el GMLC y el SMLC, o bien, se pueden utilizar plataformas independientes de *hardware* para cada uno de los equipos.

El proveedor de servicios *Andrew Corporation* ofrece *Geometrix* con un software propietario denominado *Geometrix*, el cual, en su última versión, incorpora la tecnología de localización ID de célula mejorado (ECell-ID). *Andrew Corporation* ofrece su herramienta comercial *Geometrix* con un tiempo de garantía de 90 días y soporte en línea por un año sin costo adicional. *Andrew Corporation* puede ofrecer un tiempo de soporte adicional con un costo de 10,200 dólares por un año para *Geometrix*. El costo total de implementación de *Geometrix* en una red GSM/GPRS es de 89,000 dólares, que incluye la integración de un GMLC y un SMLC, la integración a la PLMN del operador, la puesta a punto, el soporte en línea por un año y el tiempo de garantía de 90 días sobre cualquier defecto de instalación. La capacitación del software para el operador tiene un costo adicional de 2,000 dólares por participante designado por el operador.

4.2.2. Oksijen

Este proveedor de servicios ofrece sus productos GMLC, SMLC y LES, los cuales en conjunto son la herramienta integral para ofrecer servicios basados en localización a un operador de

telefonía celular. El GMLC, SMLC y el LES que ofrece *Oksijen* cumplen con los estándares definidos por 3GPP para las redes GSM/GPRS.

Entre las características principales del GMLC y el SMLC ofrecidos por *Oksijen* están la recepción y reenvío de peticiones de localización. Soporta los métodos de localización de Identificación de Célula y Reportes de Medición de la red. Controla la vigencia de tiempo de una localización. Utiliza el protocolo MLP versión 3.0. La generación de CDR's puede ser configurable de acuerdo a las necesidades del operador. Administra los clientes LCS mediante herramientas gráficas de su software propietario, además de tener herramientas Web para poderse configurar, operar y generar estadísticas.

El LES de *Oksijen* se puede utilizar para redes GSM, y puede utilizar distintos canales de entrega, como son SMS, MMS, WAP, Web, Sistemas Interactivos de Voz (IVR), e inclusive correo electrónico. Entre las características principales del LES de *Oksijen* se encuentran: el uso del protocolo MLP de comunicación, la generación de estadísticas, la generación de CDR's dentro de la misma plataforma, la integración con GMLC's distintos de *Oksijen* y la conexión a bases de datos externas.

Todas las herramientas de *Oksijen* son utilizadas mediante software propietario, y para el caso del GMLC y el SMLC, se ofrecen en conjunto, debido a que no es posible operarlos de manera independiente, no así con el LES, que puede integrarse al GMLC/SMLC de *Oksijen*, o bien, con GMLC's o SMLC's de otras marcas. El proveedor de servicios *Oksijen* ofrece la capacitación hasta para cinco personas designadas por el operador en cualquiera de sus productos (GMLC, SMLC o LES), además de que ofrece un periodo de garantía de 180 días y un periodo de tiempo de 18 meses para soporte técnico. Los costos de implementación, capacitación y la garantía son de 90,000 dólares por el GMLC/SMLC y de 68,000 dólares por el LES.

4.2.3. Digital Earth Systems

El proveedor de servicios *Digital Earth Systems* ofrece un servidor de datos cartográficos denominado *GeoMode*, el cual utiliza los resultados de las mediciones de la red del operador. *GeoMode* es una base de datos que puede ser instalada, ya sea en el GMLC o en el SMLC de la red, y también puede utilizarse por medio de Internet mediante el uso de una aplicación que se instala en la SIM del teléfono celular. Para realizar la localización, *GeoMode* utiliza los datos del módulo de Administración de Reportes de Red (NMR) existente en cualquier red GSM, utilizando para ello algoritmos avanzados de cálculo, con base en la información de las estaciones base, entre otros datos.

El proveedor de servicios *Digital Earth Systems* ofrece su producto *GeoMode* con el uso de una base de datos que se alimentará de información de localización con coordenadas geográficas para uso del operador de telefonía y que será integrada con el GMLC y el SMLC en uso por el operador. *Digital Earth Systems* ofrece un soporte técnico de su herramienta hasta por 6 meses, pudiéndose extender con un costo adicional. El costo de *GeoMode* es de 31,900 dólares, y es necesario agregar el costo de integración a la red, el cual es de 6,900 dólares, en el caso de que la red utilice GMLC y SMLC.

4.2.4. Autodesk

Autodesk, ofrece una solución para localización por medio de telefonía celular que se llama *LocationLogic*. La gran ventaja de esta solución es que integra un Servidor Habilitador de Localización (LES) y un Servidor de Datos Cartográficos (CS), y se puede utilizar tanto para redes GSM como para redes UMTS. Esta herramienta cumple con los estándares sugeridos por la Alianza de Estándares Abiertos para Móviles (OMA).

Entre las principales características de *LocationLogic* se encuentran la localización y el refinamiento de la localización del dispositivo móvil, el rastreo continuo del MS, la capacidad de generar alarmas de área, la codificación y decodificación geográfica, la visualización de mapas,

etc. También ofrece soporte de múltiples lenguajes para la ubicación de puntos de interés, redes de calles y carreteras, etc. *LocationLogic* puede integrarse fácilmente con el GMLC/SMLC del operador de red.

El proveedor de servicios Autodesk ofrece *LocationLogic* con un soporte técnico de 18 meses sin costo adicional y un periodo de garantía de 60 días, adicionalmente ofrece la integración con el GMLC/SMLC con un costo de 5,800 dólares y ofrece capacitación para tres personas designadas por el operador, sin costo adicional al contratar la integración del GMLC/SMLC con la red del operador. El costo de *LocationLogic* es de 75,900 dólares que incluye la solución completa de LES y CS, el software propietario (*LocationLogic*), la garantía y el periodo de 18 meses de soporte técnico.

4.3. Integración del Sistema Basado en Localización

Las características operativas más importantes de cada uno de los productos vistos hasta ahora pueden resumirse en la tabla 4.1.

Proveedor de servicios	Producto	Detalle	Plataforma	Características principales
<i>Andrew Corporation</i>	<i>Geometrix</i>	GMLC, SMLC o SMLC autónomo.	Hardware y software	Utiliza los métodos de localización basados en la MS, basados en la red, y puede ser escalable a otros métodos. Se puede utilizar en redes GSM, GPRS, CDMA, TDMA, AMPS, e inclusive UMTS. Garantía de 90 días, soporte técnico por un año. Capacitación por persona de 2,000 dólares.

Tabla 4.1. Características principales de los productos en estudio. (Continúa)

Proveedor de servicios	Producto	Detalle	Plataforma	Características principales
<i>Oksijen</i>	<i>GMLC/SM LC o LES</i>	<i>GMLC/SM LC o LES</i>	<i>Hardware y software</i>	<p>Utiliza los métodos de localización de id de célula y reportes de medición de la red.</p> <p>Permite la generación de CDR's.</p> <p>El LES puede utilizar SMS; WAP, MMS, Web, IVR, etc.</p> <p>Garantía de 180 días, soporte técnico de 18 meses. Capacitación para 5 personas sin costo adicional.</p>
<i>Digital Earth Systems</i>	<i>GeoMode</i>	<i>CS</i>	<i>Software</i>	<p>Puede instalarse en el GMLC o en el SMLC. Puede instalarse un módulo en la SIM del teléfono móvil.</p> <p>Utiliza los datos del módulo de administración de reportes de red.</p> <p>Integración a la red celular por 6,900 dólares. Soporte técnico de 6 meses.</p> <p>No especifica tiempo de garantía.</p>
<i>Autodesk</i>	<i>LocationLogic</i>	<i>LES y CS</i>	<i>Software</i>	<p>Se puede utilizar en la red GSM, y puede escalarse a la red UMTS (3ª generación).</p> <p>Capacidad de generar alarmas de área, visualización de mapas, soporte para múltiples lenguajes.</p> <p>Garantía de 60 días, soporte técnico de 18 meses. Integración en red GSM por 5,800 dólares. Capacitación para 3 personas.</p>

Tabla 4.1. Características principales de los productos en estudio.

Debido al estudio realizado de las diversas opciones mostradas, se ha decidido utilizar el GMLC/SMLC ofrecido por *Andrew Corporation*, ya que a pesar de su alto costo inicial, es una herramienta escalable de acuerdo a las condiciones de la red, es decir, que puede operarse también en una red de tercera generación, lo cual es acorde al crecimiento del operador en estudio. *Andrew Corporation*, a través de su herramienta *Geometrix*, es la única que ofrece integración con cualquier tecnología de red, incluida la tecnología de tercera generación UMTS.

También se ha decidido utilizar el LES y CS ofrecidos por *Autodesk* en una sola herramienta llamada *LocationLogic*, que a pesar de su alto costo inicial, integra dos plataformas en una sola herramienta, logrando con ello un soporte técnico único, y además es igualmente escalable a redes de tercera generación.

Con estas dos decisiones, la inversión inicial de la solución para el Sistema Basado en Localización, considerando una capacitación para tres personas, de acuerdo a lo ofrecido por *Autodesk*, se muestra en la tabla 4.2.

Proveedor	Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total
<i>Andrew Corporation</i>	<i>Geometrix</i> : GMLC/SMLC e integración en red GSM/GPRS.	\$89,000	1	\$89,000
<i>Andrew Corporation</i>	Capacitación <i>Geometrix</i> para módulos GMLC/SMLC.	\$2,000	3	\$6,000
<i>Autodesk</i>	<i>LocationLogic</i> versión 1.5.	\$75,900	1	\$75,900
<i>Autodesk</i>	Integración de <i>LocationLogic</i> con GMLC/SMLC del operador. Capacitación de <i>LocationLogic</i> para 3 integrantes.	\$5,800	1	\$5,800
COSTO TOTAL (precios expresados en dólares)				\$176,700

Tabla 4.2. Inversión inicial de la implementación de un Sistema Basado en Localización.

Mediante la solución presentada se tendrá la capacidad de llevar a cabo el proceso de localización de los MS y suministrar los datos de localización a los clientes LCS, habilitando el desarrollo de servicios de valor agregado que requieren de la localización del MS. Las especificaciones del diseño mostrado están basadas en los estándares LCS del Instituto de Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), 3GPP y OMA para las redes GSM/GPRS. Las siguientes secciones muestran las características de cada una de las herramientas ya configuradas para el operador de telefonía celular en estudio. Como se ha mencionado previamente, la configuración de los equipos, la afinación de los equipos, la puesta a punto corresponde al proveedor de servicios. Al término de su configuración y puesta a punto, el proveedor de servicios proporcionará la capacitación necesaria al operador de telefonía celular para que pueda operar el sistema.

Como hemos visto en capítulos previos, un switch o central telefónica se compone de múltiples equipos o partes como son: el HLR, el VLR, el AUC, el EIR, ruteadores, concentradores, y una gran cantidad de equipos de comunicación, por ejemplo, de fibra óptica. En el cuarto donde se instala un switch, regularmente existen los equipos que permiten la regulación y la entrega ininterrumpida de energía, mejor conocidos como UPS's. La mejor forma de alojar los equipos es en módulos, de tal suerte que los módulos de comunicación se encuentren contiguos, los módulos que son parte del switch propiamente también se encuentran juntos y los módulos de energía también se encuentran contiguos.

En la figura 4.2 se muestra sólo una sección del switch en donde fue implementada físicamente la solución presentada en esta tesis. En ella podemos observar, entre otros componentes, el HLR, el VLR, el VMS, y por supuesto, los que son parte fundamental de esta tesis: el GMLC/SMLC. Como ya se ha mencionado, los GMLC y SMLC son tarjetas que se insertan en slots disponibles del switch. El equipo que aloja el LES/CS se encuentra físicamente en instalaciones del proveedor de servicios. El software que controla el LES/CS sí se instala en equipos del operador.

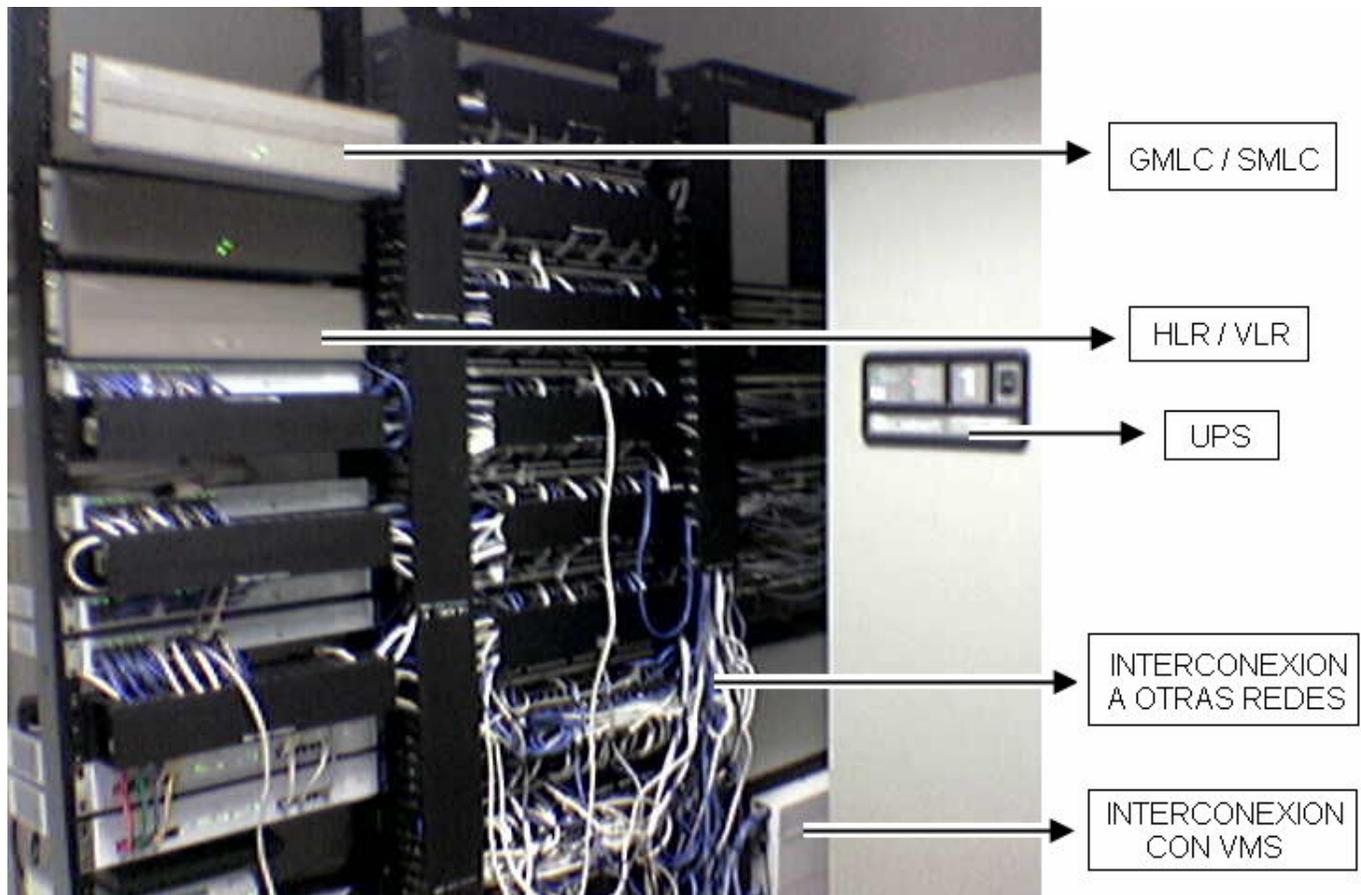


Figura 4.2. Implementación física del GMLC/SMLC en una central telefónica

4.4. Servidor Habilitador de Localización

El Servidor Habilitador de Localización es un servidor de aplicaciones pensado para regular y distribuir los requerimientos de localización al Servidor de Localización, a los clientes LCS, a los Sistemas de Administración del Operador y al Servidor de datos Cartográficos, usando recursos de los mismos operadores. Esta plataforma será la interfaz común entre los sistemas de localización del operador telefónico y los servidores de aplicaciones externas o terceros. La plataforma LES es una red con métodos de localización y es independiente del operador de red.

Otra característica principal del LES es su escalabilidad, esto es, que podrá ser habilitado desde una configuración de pequeña disponibilidad a una configuración de alta disponibilidad, dependiendo del número de abonados nuevos que se incorporen al operador. El LES proporciona mecanismos para influenciar y optimizar los recursos de la red.

La figura 4.3 muestra al LES y sus interfaces con el resto de las plataformas de sistemas de localización, los clientes LCS, Puerta de enlace multimedia, y el Administrador de la Red del Operador (NMO).

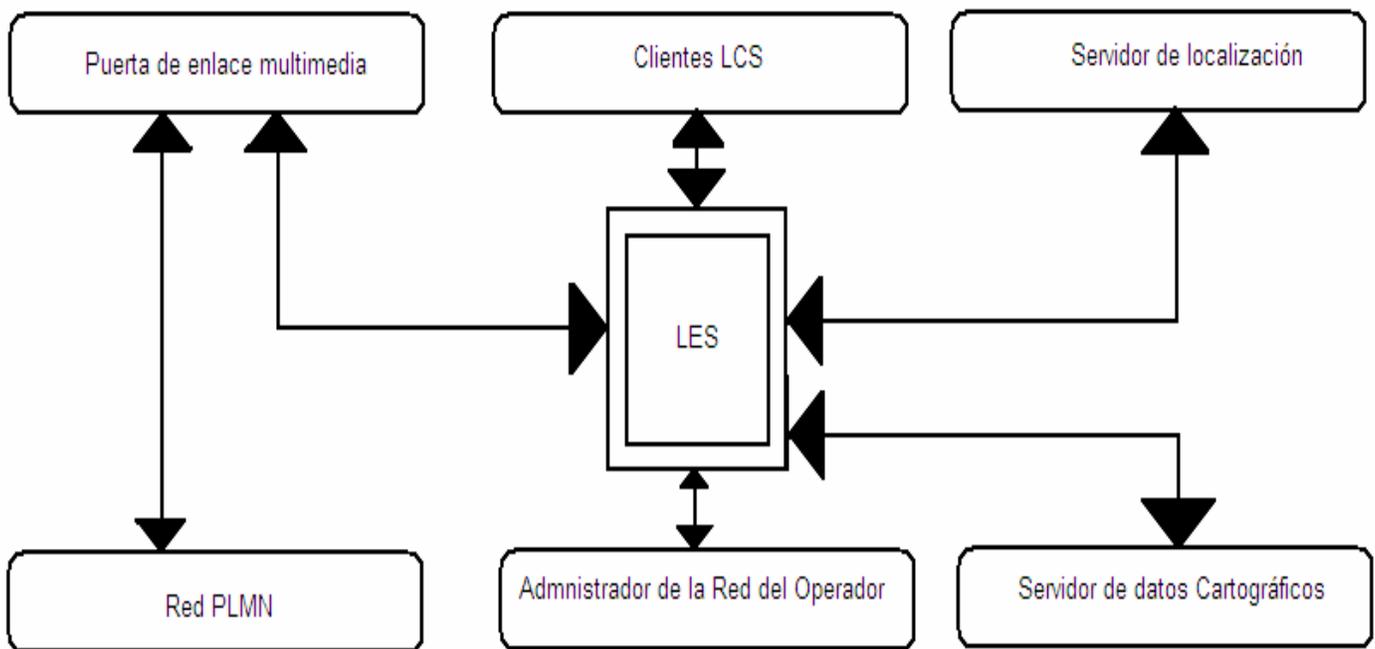


Figura 4.3. El LES y sus interfaces con los Sistemas Basados en Localización.

Las funciones principales del LES son la administración de consultas desde y hacia los clientes LCS, el control de la privacidad tanto de los abonados como de los clientes LCS externos, y la interacción con los Servidores de Localización y el CS, para responder a los clientes LCS con la información de localización deseada. El LES administra las comunicaciones a través de las siguientes interfaces:

- Interfaz extendida L_e (LES - interfaz de clientes LCS): se utiliza el Protocolo XML del Sistema de Localización (LSP).
- Interfaz L_r (LES - operadores externos), también se utiliza LSP.
- Interfaz L_e (LES - interfaz del Servidor de Localización): se utiliza el Protocolo XML de Localización Móvil (MLP).
- Interfaz L_{geo} (LES - interfaz de CS): se utiliza el Protocolo XML de Localización del CS (GSP).
- Interfaz L_a (LES - interfaz de SAMS): se utiliza el Protocolo de la Administración de Abonados y Aplicaciones (SAMP).
- Interfaz del sistema de facturación: se utiliza el Protocolo XML basado en facturación. (BIP)
- Interfaz del sistema de estadísticas: se utiliza el Protocolo XML basado en Estadísticas (STP).
- Interfaz de sistema de supervisión: se utiliza el Protocolo de Supervisión (SUP).
- Interfaz de sistema O&M: se usa el Protocolo O&M basado en HTML (OMP).

El LES debe garantizar la seguridad en estos accesos para asegurar la privacidad tanto de los abonados como de los clientes externos LCS y prevenir con ello el fraude al operador. Entre los parámetros funcionales de LES tenemos:

- Función de Acceso (AF).
- Función del Sistema de Manejo (SHF).
- Función de Manejo de Clientes LCS (LCHF).
- Función de Manejo de Abonados LCS (LSHF).
- Función del Intermediario de Localización (PBF).
- Función del Intermediario del CS (GBF).
- Función de Estadísticas y Facturación (BSF).
- Función de Manejo de Administración, Supervisión, Operación y Mantenimiento (SOMAMF).
- Función de Administración de Accesos del Abonado (SAMF).

- Función del Modelo de Base de Datos Fractal del CS (GFMDF).
- Función *Roaming* (ROF).

a) *Función de Acceso (AF)*. El componente de acceso LES maneja las consultas de localización LSP desde los clientes LCS (o desde otro sistema de localización para el caso de *roaming*) por medio de su interfaz API pública, que utiliza el protocolo LSP especificado anteriormente.

b) *Función del Sistema de Manejo (SHF)*. El componente funcional del Sistema de Manejo es el cerebro del LES. Éste lleva y coordina todos los componentes funcionales del LES y controla los diferentes flujos generales de operación del mismo.

c) *Función de Manejo de Clientes LCS (LCHF)*. Este componente maneja todos los asuntos relacionados con los clientes LCS, es decir, el aprovisionamiento y la verificación de la autorización de perfiles de la base de datos de clientes. El perfil de suscripción de los clientes LCS debe contener un conjunto mínimo de parámetros asignados para los clientes base por un período convenido, estos son: el tipo de cliente LCS, la Identidad externa, las URL's de los clientes LCS (origen y destino), descripción, datos de autenticación, sobrecapacidad, la lista de MS's autorizados, prioridad, parámetros QoS, tipos de solicitudes LCS admitidas, sistema de coordenadas local, lista(s) de acceso bloqueados, aplicación utilizada, servicio utilizado, estado del cliente, listas de grupos de abonados y número máximo de las consultas de ubicación.

d) *Función de Manejo de Abonados LCS (LSHF)*. Entre las funcionalidades de este componente se encuentran la verificación de la autorización de localización del abonado, la definición, almacenamiento y administración de los perfiles de abonados LCS, de acuerdo con requerimientos LSP o SAMP, la generación de mensajes SAMP, el anonimato de Identidad, la generación de las respuestas LSP, etc. La suscripción del perfil del abonado contendrá un juego mínimo de parámetros de suscripción asignados por el cliente LCS base para la aceptación de un periodo convenido, entre los cuales se encuentran: la lista de Identificadores de abonados asociados a un abonado particular del cliente LCS, el rango temporal cuando el cliente LCS puede localizar el MS destino, el protocolo usado por el abonado para modificar su perfil de localización para este servicio (SMS, WML, HTML, SAMP, CHTML, VXML), etc.

e) Función del Intermediario de Localización (PBF). El intermediario de Localización administra la localización de un móvil. Estas funciones determinan el método de localización a ser usado sobre la base de los QoS. El PBF genera los requerimientos del MLP, y si es necesario maneja las solicitudes de localización del MLP hacia los diferentes servidores de localización, los cuales responden con la información de localización. Esta funcionalidad es independiente de los mecanismos de localización y de las tecnologías de red involucradas en el proceso de cálculo de localización, con ello se optimiza el rendimiento y el acceso para los servidores de localización.

f) Función del Intermediario del CS (GBF). El intermediario LES del CS se comunicará con el módulo CS para hacer un uso eficiente de todas las funciones de éste.

g) Función de Estadísticas y Facturación (BSF). Este componente controla las actividades de cobro relativas a los servicios de localización efectuados en la red. Esto incluye el cobro tanto a clientes como a abonados. Se cobran específicamente cargos relacionados a datos y datos por cuentas entre PLMNs.

h) Función de Manejo de Administración, Supervisión, Operación y Mantenimiento (SOMAMF). Este componente funcional proporciona interfaces al operador de la red para el manejo de sistemas. SOMAMF debe ser muy flexible y requiere de desarrollos de integración específicos dependientes de los subsistemas y tecnologías del operador de red.

i) Función de Administración de Accesos del Abonado (SAMF). Este componente integra las diferentes tecnologías y tipos de acceso de los abonados (WAP, internet, SMS etc.) con el Sistema de Localización, para permitir a los abonados consultar y modificar sus perfiles por medio de Web, WAP, etc y recibir un mensaje con la notificación del cambio. Cuando un abonado modifique su perfil de localización, la SAMF generará el propio mensaje SAMP de tal forma que la LSHF pueda cambiar su perfil en la base de datos.

j) Función del Modelo de Base de Datos Fractal del CS (GFMDF). Para aumentar el rendimiento y el tiempo de respuesta a las solicitudes de localización que requieren las funciones de localización avanzadas del CS, se necesita la integración de un modulo de modelo fractal en el

LES. Este modelo de base de datos estará muy relacionado con la Función avanzada de localización del CS.

k) Función Roaming (ROF). Es un sistema externo de localización LES basado en una solución de comunicación IP (por medio de la interfaz L_r). El GMLC tiene relación entre el MS y su dirección IP del HPLMN y la relación entre la dirección del VLR y la dirección IP del VPLMN. Así, cuando la localización de una MS sea solicitada por un operador (a través de la interfaz L_r) o por un cliente LCS (a través de la interfaz L_e extendida), el LES preguntará por la localización del GMLC.

4.4.1. Protocolos del Servidor Habilitador de Localización

Para poder comunicarse con los componentes de la red del operador telefónico, es necesario que el Servidor Habilitador de Localización emplee protocolos de comunicación. Los componentes con los cuales el LES tiene comunicación son: los clientes LCS y operadores, el GMLC/SMLC, el CS y el Administrador de la Red del Operador. Estos componentes y la comunicación entre ellos y el LES están mostrados en la figura 4.4. Para cada uno de estos componentes se utiliza un protocolo específico de comunicación:

- Interfaz API para clientes LCS y operadores: protocolo LSP
- Interfaz API para GMLC/SMLC: Protocolo MLP
- Interfaz API para CS: Protocolo GSP
- Interfaz para los sistemas de Administración de la Red del Operador. Algunos de los protocolos utilizados en esta interfaz son: SUP, BIP, STP, OMP y SAMP

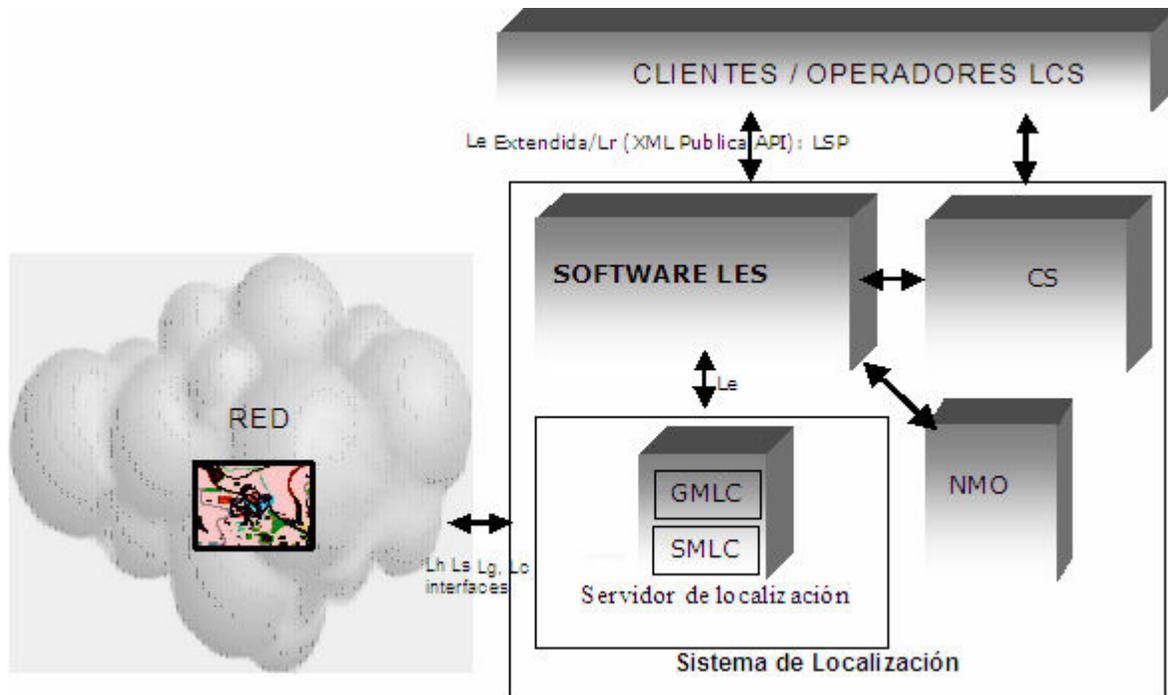


Figura 4.4. Interfaces del LES.

4.4.2. Flujo de información entre clientes LCS y el LES

La presente sección presenta la circulación de información entre clientes LCS y el LES después de recibir las diferentes consultas LSP. Estos modelos de operación presentan una vista general de la secuencia de los procesos de las funciones de LES. Estos flujos de operación del LES sólo constituyen una orientación general para aclarar la operación funcional del LES, y no es necesario que se siga estrictamente por los diferentes proveedores LES. Las consultas LSP se integran en las operaciones que se mencionan:

- Consultas básicas de servicios de localización.
- Consultas avanzadas de servicios de localización.
- Consultas de administración de la localización de abonados y aplicaciones móviles.

Cuando una sola consulta LSP se recibe en el LES, se pueden generar diferentes consultas MLP, GSP y SAMP.

4.4.2.1. Flujo de información para consultas básicas de servicios de localización

En una consulta básica de servicios de localización se generan varios pasos, que son:

- Recepción y verificación de formato de la consulta de localización LSP (efectuado por la AF). Si el formato no es correcto el LES envía el correspondiente mensaje de error LSP hacia el cliente LCS.
- Verificar que los parámetros de la consulta sean iguales con las características almacenadas del perfil del cliente LCS (efectuado por la LCHF). Si el perfil del cliente LCS no permite la consulta LSP, el LES envía el correspondiente mensaje de error LSP hacia el cliente LCS.
- Verificar que los parámetros de la consulta sean iguales con las características almacenadas del perfil de abonados (efectuado por la LCHF). Si el perfil del abonado no permite la localización para este cliente LCS, el LES envía el correspondiente mensaje de error LSP hacia el cliente LCS (efectuado por la LSHF).
- Enviando al abonado, si es necesario, una solicitud de confirmación de localización SAMP (efectuado por LCHF y por SAMF si es necesario convertir a WML, HTML, WEB, etc.)
- Generación y transmisión de la consulta MLP para el Servidor de Localización (efectuado por el PBF).
- Recepción de la respuesta del Servidor de Localización (efectuado por el PBF).
- Cambio en los parámetros de respuesta si se solicitan (efectuado por la LSHF y la LCHF)
- Transferencia de la respuesta a la consulta de localización LSP hacia el cliente LCS (efectuado por la AF).
- Transferencia de los parámetros de la consulta de localización a los bloques de facturación y estadística (efectuado por el BSF).

4.4.2.2. Flujo de información para consultas avanzadas de servicios de localización

En este tipo de consultas se desarrollan en una serie de pasos, que se enuncian a continuación:

- Recepción y verificación de formato de la solicitud de localización LSP.
- Verificar que los parámetros de la consulta sean iguales con las características almacenadas del perfil del cliente LCS.
- Verificar que los parámetros de la consulta sean iguales con las características almacenadas del perfil de abonados.
- Enviando al abonado, si es necesario, una solicitud de confirmación de localización SAMP.
- Generación y transmisión de la consulta MLP para el Servidor de Localización.
- Si el módulo fractal del CS, incluido en el LES, provee los parámetros de localización avanzada, los dos pasos posteriores se ignoran.
- Generación y transferencia de solicitud hacia el CS (efectuado por el GBF).
- Recepción de la respuesta desde el CS, incluyendo el formato GSP los parámetros de localización avanzada para la localización MS (efectuado por el GBF).
- Cambio en los parámetros de respuesta si se solicitan (por ejemplo, la selección de la identidad del abonado por cada MS, para garantizar aspectos de seguridad), (efectuado por la LSHF y la LCHF).
- La transferencia de los parámetros de solicitudes de localización a los bloques de facturación y estadística (efectuado por el BSF).
- La transferencia de la respuesta de la consulta de localización LSP al bloque de la función de acceso, que a su vez es reenviada al cliente LCS (efectuado por el AF).

4.4.2.3. Flujo de información para consultas de administración

El flujo de información para consultas de administración de la localización de abonados y aplicaciones móviles se resume en los siguientes puntos:

- Recepción y verificación del formato de las consultas LSP/SAMP (efectuadas por la AF). Si el formato no es correcto el LES envía el correspondiente mensaje de error LSP hacia el cliente LCS.

- Verificación de que los parámetros de la consulta son permitidos para los clientes LCS o para SAMS, de acuerdo con su perfil (efectuado por la LCHF). Si el perfil del cliente LCS no coincide con los parámetros de la consulta LSP/SAMP, el LES envía el correspondiente mensaje de error LSP/SAMP hacia el cliente LCS.
- El envío de confirmación de la consulta de modificación de perfil al abonado se puede hacer por medio de: SAMS, cuando se solicita una petición de modificación de perfil de abonado; SAMP, si la petición de modificación es al perfil de aplicación, y si se requiere una conversión a WML, HTML, se hará a través de SAMF.
- Modificación de un perfil de abonado o aplicación (efectuados por la LCHF o la LSHF, respectivamente).
- Envío de la respuesta LSP/SAMP (efectuado por la AF).
- Envío al abonado, si es necesario, de una notificación, indicándole que la modificación ha sido realizada (a través de SAMP y a través de SAMF si fue necesario convertir a WML, HTML, etc.).
- Generación, si es necesario, de un mensaje SAMP de la modificación de perfil y su transferencia hacia el abonado y al sistema de administración de aplicaciones (efectuado por el LCHF y el LSHF).
- La transferencia de los parámetros de solicitud de modificación de perfil a los bloques de facturación y estadística (efectuado por la BSF).

4.4.3. Flujo de información entre abonados, SAMS y LES

El flujo de información entre abonados y el LES o entre SAMS y el LES, se divide en dos partes: la modificación del perfil de un abonado y la modificación del perfil de un cliente LCS desde SAMS. Los pasos que se describen en las siguientes secciones son necesarios para efectuar las modificaciones del perfil concerniente.

Modificación del perfil de un abonado

Para la modificación del perfil de un abonado se requiere:

- La recepción y verificación del formato de modificación de perfil de abonados (protocolo de consulta SAMP) desde el abonado (a través de SAMF si es necesario o desde SAMS).
- Envío de la consulta de confirmación al abonado solicitándole el permiso para modificar su perfil (a través de SAMP y SAMF si es necesario).
- Modificación de perfil del abonado (efectuado por LSHF que es una función del LES).
- Generación de la respuesta SAMP, indicando la modificación de perfil o un mensaje de error y la transferencia al abonado y al sistema de administración de aplicaciones (efectuado por el LSHF) y/o al abonado (por medio de SAMP y SAMF si es necesario).
- La transferencia de los parámetros de solicitud de modificación de perfil a los bloques de facturación y estadística (efectuado por BSF).

Modificación del perfil de un cliente LCS desde SAMS

Para efectuar la modificación del perfil de un cliente LCS desde SAMS se requieren los siguientes pasos:

- La recepción y verificación de formato de modificación del perfil del cliente LCS desde el SAMS (Protocolo de consulta SAMP).
- El envío, si es necesario, de la consulta de confirmación al cliente LCS solicitándole el permiso para modificar su perfil (a través de SAMP).
- La modificación del perfil del cliente LCS (efectuado por el LSHF).
- Generación de la respuesta SAMP indicando la modificación del perfil o un mensaje de error y la transferencia hacia el sistema de administración de abonados y aplicaciones. (efectuado por LSHF).
- La transferencia de los parámetros de solicitud de modificación de perfil a los boques de facturación y estadística (efectuado por BSF).

4.4.4. Escalabilidad y optimización de recursos de red

Como se vio previamente, el LES es un módulo escalable, lo que quiere decir que se puede habilitar para configuraciones de baja o alta disponibilidad, dependiendo del número de abonados nuevos incorporados al operador. El LES provee mecanismos que influyen y optimizan los recursos de red que son especificados por los proveedores. Este mecanismo de almacenamiento (*caché*) provee una reducción en la carga de la red.

Otros mecanismos para optimizar los recursos de la red pueden ser: asignar prioridades para las aplicaciones, reduciendo un gran número de solicitudes de localización para ciertas MS en una sola, enviar respuestas específicas en errores ocasionales por el Servidor de Localización o errores en la optimización de la red.

El LES también puede elegir el mejor método de localización que el GMLC/SMLC debe emplear, dependiendo de la clase de cliente LCS, a través de los diferentes valores del parámetro QoS del perfil del cliente LCS.

4.4.5. Capacidad y rendimiento de LES

El proveedor de LES especificará los datos del rendimiento real (medidos) de la plataforma y las diferentes configuraciones posibles basado en el número de abonados del operador y las diferentes consultas LSP definidas.

El proveedor de LES suministrará el número de consultas por segundo que se pueden efectuar y los tiempos de respuesta para una consulta básica de localización, de una consulta avanzada de localización y de una consulta de modificación de perfil.

4.4.6. Configuración de multioperador

La plataforma LES soportará una configuración de multioperador. Esto quiere decir que una única licencia de una plataforma LES puede ser válida para administrar los clientes LCS de operadores distintos y puede enviar las consultas de localización a las plataformas de Servidores de Localización del operador correspondiente. Asimismo, esta plataforma única LES puede administrar la localización de abonados de diferentes operadores. Este caso puede ser aplicable para redes pequeñas donde la infraestructura compartida puede ser justificable.

4.4.7. Prioridad y resumen de funciones de LES

La tabla 4.3 muestra un resumen de las funcionalidades del LES. La implementación de una o varias de estas funciones será dependiente del operador de red que requiera el LES. El alcance de este documento es mostrar las funciones y el operador de red será el responsable de decidir cuál(es) será(n) necesaria(s) de acuerdo a sus propias necesidades.

FUNCIONALIDADES DEL LES
Funciones de acceso (AF)
Manejo de aplicaciones funcionales LCS
Verificación de autorización
Manejo de perfil de clientes de LCS (a través de LSP o SAMP)
Generación de mensajes SAMP hacia el SAMS
Generación de mensajes LSP
Función de manejo de suscriptores LCS (LSHF)
Verificación de autorización de localización de suscriptores
Manejo de los perfiles de suscriptores de LCS (a través de LSP o SAMP)
Generación de mensajes SAMP
Ocultación de identidad de suscriptor

Tabla 4.3. Resumen de funcionalidades de LES. (Continúa)

Corredor de función de localización (PBF)
Generación de solicitudes del GSP
Recepción de respuesta del CS
Estimación de localización a través del CGI
Función de facturación y estadística (BSF)
Provisión de mensajes de cada evento de localización generado
Generación y transferencia de CDR hacia el sistema de facturación
Cargo de procedimientos de prepago de usuarios
Interfaz de sistema de facturación
Interfaz de sistema de estadística
Supervisión, O&M y manejo de administración
Interfaces para operadores de sistemas de supervisión y manejo de redes
Interfaz de usuario gráfica
Función de manejo de acceso a suscriptores (SAMF)
Función <i>Roaming</i>
Modelo fractal de basas de datos Geoserver/ Método alternativo de posicionamiento (estándar /
Escalabilidad y recursos de optimización de la red
Interoperabilidad
Multioperador de interoperabilidad
Operaciones LSP
Solicitud de servicios de localización básica
Solicitud de servicios de localización avanzada
Suscriptores y administración de aplicaciones de solicitudes de localización móvil

Tabla 4.3. Resumen de funcionalidades de LES.

4.5. Servidor de datos Cartográficos

Para la descripción de información de localización geográfica se requiere del uso de coordenadas geográficas. La información de localización física de un abonado es transformada en información de localización, cambiando las coordenadas recibidas del Servidor de Localización (GMLC/SMLC) a un tipo de información más entendible para el ser humano, tal

como mapas, nombres de la calle, direcciones postales, regiones etc. Esta ubicación física convertida a información de localización requiere de los siguientes módulos generales:

- Una base de datos cartográfica donde se almacenan los diversos tipos de información de localización. Esta base de datos recibirá las consultas de la localización en coordenadas (X,Y) y responderá con la información de localización del lugar deseado.
- Un Servidor de datos Cartográficos (CS) o geocodificador, que es la plataforma que realiza la consulta de la localización y proporciona la inteligencia de manejar los datos cartográficos.

El sistema de localización del operador telefónico celular en estudio utilizará un Servidor de datos Cartográficos (CS), que constituye un módulo independiente. Este módulo será independiente del LES y del Servidor de Localización, así que cualquier clase de servicio podría también utilizar esta información proporcionada por el CS.

El CS manejará las consultas avanzadas de localización mediante el protocolo GSP que recibirá las consultas del LES, el cual actúa como intermediario de los servicios de localización. Las funciones avanzadas de localización del CS permitirán la composición de diferentes servicios basados en la localización del abonado a las aplicaciones de los clientes LCS. Por ejemplo, para el caso de un abonado que desea ir al cine, le pueden ser ofrecidos diversos adicionales: después de localizar al abonado, una aplicación podría ofrecer al abonado la localización del cine más cercano en un mapa, el horario de las películas, la ruta del abonado desde el punto donde se encuentra hasta la localización del cine y enviarle la localización del estacionamiento más cercano. El operador puede ofrecer todos estos posibles servicios al abonado usando la misma API del CS.

El CS también puede tener disponible un manejador de puntos interés, que contiene los diferentes puntos comerciales de interés que se pueden incluir en la cartografía del sistema.

La solución de CS es basada en estándares abiertos conocidos por el Consorcio de Especificaciones Abiertas del Sistema de Información Geográfica (GIS), de tal modo que puede ser fácilmente integrado a la red del operador telefónico en estudio.

Es importante tomar en cuenta que el CS no tenga que calcular la localización móvil del abonado, pero proporcionará un valor agregado de los servicios (información avanzada de localización, tales como mapas, rutas y guías) basado en las coordenadas proporcionadas previamente, que pueden corresponder o no a la localización de MS.

La integración del CS al sistema de la red celular está mostrada en la figura 4.5.

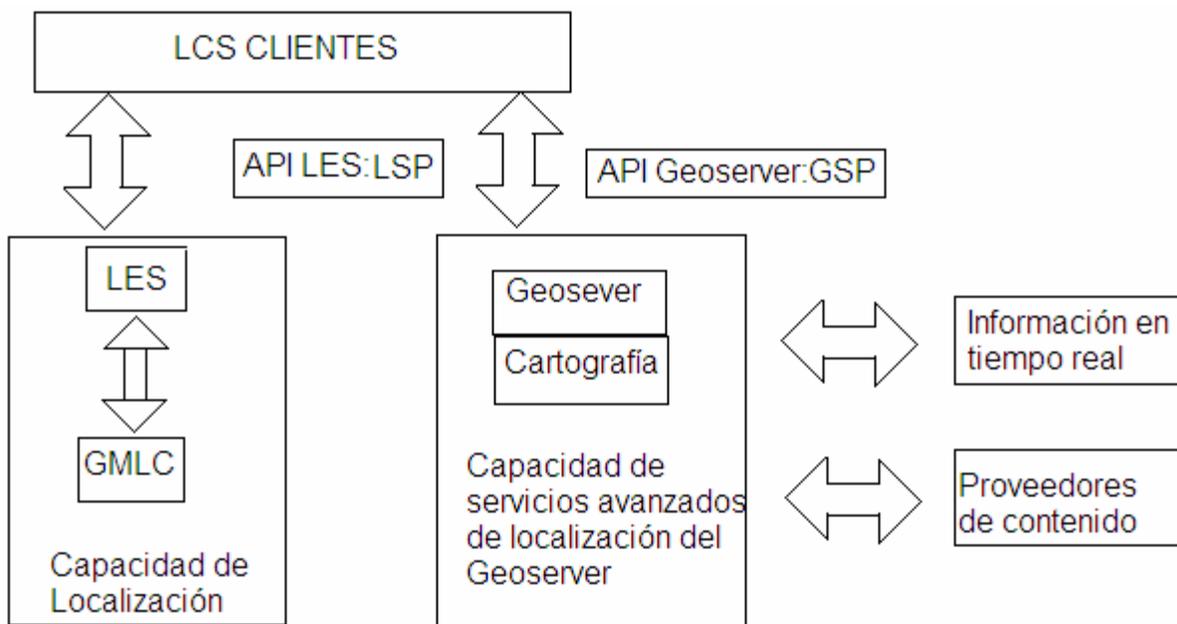


Figura 4.5. Integración del CS al PLMN.

4.5.1. Módulo de base de datos del modelo fractal

El LES actualiza la base de datos del CS, en donde se almacena de manera simplificada algunos de los principales datos cartográficos del CS, a esta base de datos se llama “modelo fractal”.

El modelo fractal permitirá al LES efectuar algunas de las funciones específicas más simples de la localización avanzada del CS. Las operaciones simples de localización son realizadas por el LES, por ejemplo, el código postal geocodificado y geodecodificado.

La base de datos del modelo fractal será actualizada cada vez que se modifiquen los datos cartográficos del CS, así que los proveedores de servicios tendrán una comunicación entre el LES y el CS para transformar estos datos cartográficos en el modelo fractal simplificado.

4.5.2. Funciones de localización avanzadas del Servidor de datos Cartográficos

La localización avanzada del CS consiste de diversas funciones, las cuales son mostradas en la figura 4.6.

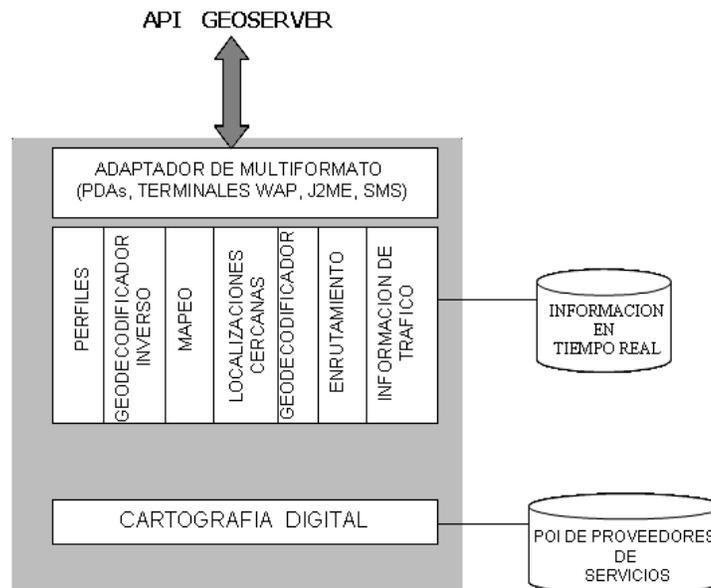


Figura 4.6. Funciones de localización avanzada del CS

Las características de las funciones más importantes son:

- Mapeo.

- Geocodificación y geodecodificación.
- Rutas.
- Manejador de base de datos de proveedores de contenido externos.
- Puntos de Interés más cercanos.
- Niveles de Localización.
- Manejador de Perfiles.

Mapeo

El CS responderá con la información cartográfica correspondiente, basada en el tipo de acceso al MS. Será adaptable a diferentes tipos de terminal con formato WAP, J2ME, Pocket PC, PALMs, mensajes multimedia y PC. El cliente LCS solicitará los parámetros deseados de la resolución, el número de colores del mapa, estilo, escala, referencia de la posición, etc. y podrá aumentar y moverse alrededor del mapa ofrecido. Otra opción es el manejador de mapeo para la representación de los puntos de interés que también serán soportados.

Geocodificación y geodecodificación

El CS convertirá la información en coordenadas a información de localización (dirección, códigos postales y las referencias específicas del kilometraje en caminos) y a la inversa (de información de localización a información en coordenadas).

El CS también soportará las conversiones de los diferentes sistemas de coordenadas y del formato de coordenadas.

Otra funcionalidad incluida en este grupo es la respuesta del CS con la distancia estimada entre dos puntos geográficos después de consultar las coordenadas de ambos puntos.

Rutas

El CS solucionará problemas relacionados con rutas. En cada caso la consulta del abonado incluirá los puntos de referencia de un origen y de un destino y un modo de transportación. El modo de transportación podría ser caminando, manejando en auto, utilizando el transporte público, etc., para poder proporcionar la información más adecuada.

- Caminando: Se proporciona al abonado la ruta más corta para llegar al destino.
- Conduciendo en auto: el abonado pide un destino, que se puede situar en la misma ciudad o área geográfica o en otra ciudad. El abonado tiene la opción para definir una ruta seleccionada (puntos de referencia) al destino o los puntos prohibidos que desea evitar. Las aplicaciones proporcionarán diversas rutas del abonado basadas en la distancia más corta, el tiempo más corto, los peajes del camino, estimación de tráfico, etc. Otras funcionalidades de rutas que puede proporcionar son: rutas alternas basadas en la información del estado del tráfico actual, las rutas usuales e información de asistencia de caminos por medio de SMS, etc. Para esta facilidad se debe considerar que el CS contará con la información cartográfica de los caminos.
- En transporte público: para proporcionar la ruta en los diferentes niveles de transporte público (autobús, subterráneo y líneas ferroviarias), la información deberá ser previamente cargada en el CS. Las localizaciones en tiempo real de los transportes públicos, horarios y retrasos también pueden ser proporcionados. La respuesta de la ruta también incluirá la distancia estimada en metros al destino.

Manejador de base de datos de proveedores de contenido externos

El CS proporcionará una interfaz flexible que se integre con proveedores de servicio externos y con bases de datos de terceros. Por ejemplo, el tráfico en las delegaciones, oficinas de la ciudad o las bases de datos de las compañías del transporte público (tráfico, pronóstico meteorológico, información de puntos de interés, etc.).

Los proveedores externos podrán agregar, suprimir y modificar sus perfiles de puntos de interés y compartirlos con otros clientes LCS si tienen las autorizaciones correspondientes. Estas políticas son similares a la publicidad en internet, donde cada vez que un punto de interés es mostrado en el mapa del suscriptor, el operador le cobrará al cliente que está publicando su información.

Puntos de interés más cercanos

Esta funcionalidad muestra los posibles tipos de puntos de interés específicos más cercanos a la localización determinada. El envío de un punto de interés se puede proporcionar basado en distancias, tiempo estimado de ruta, etc.

Niveles de localización

El CS podrá proporcionar la selección de elementos de nivel, seleccionados dentro de la estimación del área de localización del abonado (en coordenadas X,Y más un área de incertidumbre). Por ejemplo, el LES responderá con las calles donde el abonado puede estar localizado con una probabilidad más alta.

Manejador de Perfiles

Los perfiles de localización pueden ser personalizados, tanto como sea posible para las aplicaciones de localización, para mostrar el modo en que quieran que sus servicios sean presentados.

Dicho manejo de perfiles se refiere a los gustos personales de un conjunto de características de configuración. Estas características pueden ser: preferencias de contenido, tablas de tiempo, estilo de mapa referido, etc.

El manejo de perfiles debe ser tan abierto como sea posible, de modo que las aplicaciones buscadas tengan el estilo preferido.

4.5.3. Especificaciones de datos cartográficos

El CS puede tener características de multioperador, es decir, que proveerá servicios a múltiples operadores de red. El sistema cartográfico de datos del operador en estudio debe ser independiente de la plataforma del CS. El proveedor proporcionará una descripción de los datos cartográficos disponibles. Los requisitos generales de la cartografía serán:

- Cobertura amplia.
- Contenido homogéneo.
- Actualizaciones frecuentes de la información.
- Niveles de información más comunes (Códigos postales, calles, transporte público, caminos y referencias de los camino como kilometraje, etc.)

4.5.4. Interfaz a las bases de datos de proveedores externos

El servidor proporcionara una interfaz flexible a los proveedores externos y a las bases de datos de los terceros, utilizando protocolos previamente vistos con el LES, tales como:

- Protocolo del Sistema de Supervisión (SUP).
- Protocolo del Sistema de Facturación (BIP).
- Protocolo del Sistema de la Estadística (STP).
- Protocolo del Sistema de Operación y Mantenimiento (OMP).
- Protocolo de Manejador de Suscriptores y Sistemas (SAMP).

4.5.5. Capacidad y eficiencia del Servidor de datos Cartográficos

El proveedor de CS especificará la eficiencia real de la plataforma de datos y las diferentes configuraciones basadas en el número de abonados y de las diferentes consultas definidas del GSP. El proveedor proporcionará el número de consultas por segundo y el tiempo de respuesta para una consulta avanzada de localización.

4.5.6. Multioperador

Como se mencionó previamente, la plataforma del CS podrá soportar una configuración de multioperador. Esto significa que una sola plataforma de CS debe poder manejar las consultas de localización avanzadas de los clientes LCS para diversos operadores. Este esquema puede ser aplicable para las redes pequeñas donde se justifica una infraestructura compartida.

4.5.7. Aplicaciones

El proveedor de CS proporcionará aplicaciones de localización avanzadas (LBS) que demostrarán la funcionalidad, las capacidades y la utilidad de la plataforma CS. Estas aplicaciones podrán ser configuradas y personalizadas de acuerdo a las necesidades del operador de red de telefonía celular, y ofrecerán a los clientes (por medio de internet, Java, WAP, SMS, MMS y Web) los servicios de localización tales como: alarmas de tráfico, las rutas y los mapas de la calle. Estos servicios tienen que obtener la localización de un MS utilizando la API LSP.

4.6. Servidor de Localización

El módulo del Servidor de Localización en la red GSM/GPRS del operador de telefonía en estudio es constituido por el *Gateway* del Centro de Localización Móvil (GMLC) y por el Servidor del Centro de Localización de Móviles (SMLC). El GMLC/SMLC es un módulo independiente,

capaz de proporcionar la funcionalidad requerida para permitir los servicios de localización sin la presencia del módulo LES.

Las funciones del GMLC/SMLC son definidas por estándares de ETSI y de 3GPP, los cuales permitirán una interacción más fácil con los equipos de los diferentes proveedores de LBS, a fin de proporcionar la localización estimada de un abonado o de un grupo de abonados.

La figura 4.7 muestra la integración del módulo GMLC/SMLC y las interfaces para el resto de las plataformas de sistema de localización.

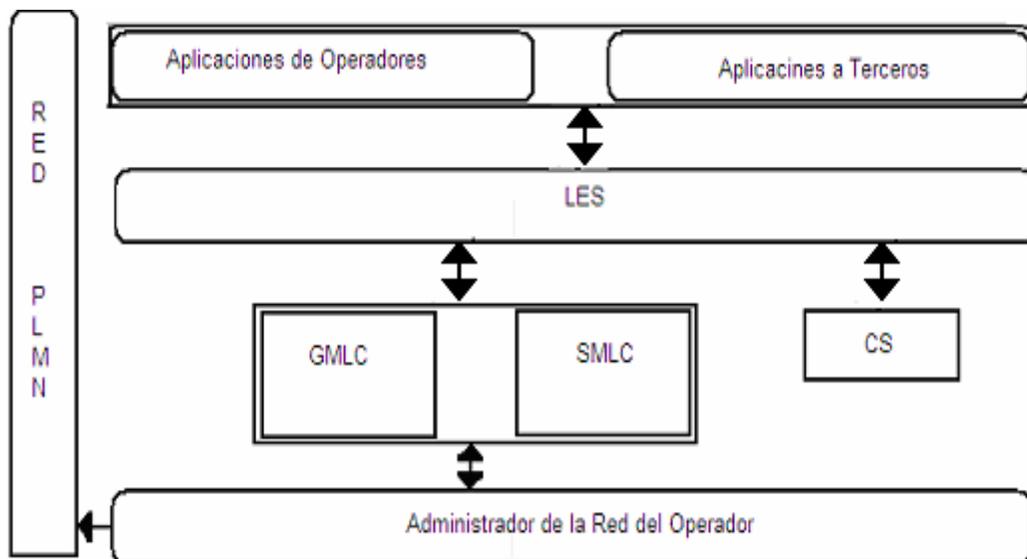


Figura 4.7. Integración del módulo GMLC/SMLC en la plataforma de localización.

4.6.1. Funcionalidades del GMLC/SMLC

El módulo GMLC/SMLC es responsable de recibir las consultas de localización de los clientes LCS o del LES, calculando la localización de los suscriptores (o la dirección del MSC/VLR para el caso de localización *roaming*) y responder con la información de la localización.

El GMLC es el primer nodo que accede un cliente LCS externo en la red PLMN GSM (mediante la interfaz L_e previamente mencionada). El GMLC puede solicitar información de ruteo del HLR por medio de la interfaz L_h . Después de realizar el registro de la autorización, envía la petición de localización y recibe la localización final estimada del MSC/VLR por medio de la interfaz L_g .

El SMLC dirige completamente la coordinación y la programación de los recursos requeridos para llevar a cabo la localización de un móvil. También calcula la localización final estimada y exacta.

El proveedor de GMLC/SMLC deberá presentar el soporte a los métodos de localización mencionados en el capítulo anterior. Por ejemplo, el proveedor menciona que el GMLC/SMLC puede soportar la precisión del método de localización de Identificador de Célula (Cell-ID) + TA.

El proveedor de GMLC/SMLC deberá presentar el soporte a los métodos de localización mencionados en el capítulo anterior. Por ejemplo, el proveedor menciona que el GMLC/SMLC puede soportar la precisión del método de localización de Identificador de Célula (Cell-ID) + Avance en Tiempo (TA) para mejorar la precisión del método de Cell-ID, o que puede soportar la localización basada en OTDOA, E-OTD, A-GPS o métodos de localización híbridos.

Las funcionalidades del SMLC y del GMLC se pueden combinar en el mismo nodo físico, pueden ser combinados en nodos físicos existentes o bien, pueden residir en nodos diferentes.

El GMLC proporciona los estándares basados en señalización y la lógica requerida para recibir las consultas de localización del LES, a través de la interfaz definida y respondiendo con las coordenadas (o con la dirección del MSC/VLR para el caso de localización *roaming*) en un formato correcto de mensaje, conectándolo con la parte del LES. Esta información de localización es presentada en coordenadas geográficas y con los parámetros estimados correspondientes definidos (radio interno y externo, el ángulo estimado, etc.).

Los siguientes son los estándares que se utilizan en la red del operador telefónico celular en estudio:

- Estado nulo: en este estado, una petición de localización particular de algún cliente LCS pudo no haberse sido recibido aún o no haber sido completada. Después de que una petición es recibida de un cliente LCS, el GMLC se queda en el estado nulo mientras se verifica la identidad del cliente y la modalidad de localización. Mientras el estado nulo existe conceptualmente, no necesita ser representado explícitamente en el GMLC.
- Estado interrogatorio: cuando el GMLC se encuentra en este estado, envía una interrogación al HLR origen del MS localizado, esperando una respuesta, proporcionando a su vez la dirección del MSC/VLR y el IMSI.
- Estado de localización: en este estado, el GMLC envía una petición de localización al MSC/VLR, que presta servicio al MS, y éste último espera una respuesta que contiene un cálculo aproximado de la localización.
- Cambio del estado nulo al estado interrogatorio: si el GMLC no sabe la dirección de la MSC/VLR o el IMSI, cuando recibe una petición de servicio de localización de algún cliente LCS, se mueve del estado nulo al estado de interrogatorio y envía una petición al HLR origen del MS, para que éste último envíe la dirección correcta del MSC/VLR y el IMSI.
- Cambio del estado nulo al estado de localización: si el GMLC ya sabe tanto la dirección del MSC/VLR como el IMSI, cuando recibe una petición de servicio de localización de algún cliente LCS (por ejemplo, de la información retenida en una petición previa de localización para algún MS), se mueve del estado nulo al estado de localización y envía una petición de localización al MSC/VLR.
- Cambio del estado interrogatorio al estado de localización: después de que el GMLC recibe la dirección del MSC/VLR y el IMSI del HLR origen, entra en el estado de localización y envía una petición de localización al MSC/VLR del MS a ser localizado.
- Cambio del estado de localización al estado nulo: después de que el GMLC recibe una respuesta de localización estimada del MSC/VLR, éste envía la localización estimada al cliente LCS que lo solicita y regresa al estado nulo.

4.6.2. Funcionalidad del SMLC

El SMLC contiene la funcionalidad requerida para soportar LCS. En una PLMN puede haber más de un SMLC. El SMLC maneja toda la coordinación y planificación de los recursos exigidos para realizar la localización de un móvil. También realiza el cálculo aproximado de la localización final y su exactitud. Esta información de localización es presentada en coordenadas geográficas y sus correspondientes parámetros de estimación definidos (radio interno y externo, el ángulo estimado, etc.).

El SMLC es capaz de efectuar las siguientes funciones, relacionadas a la determinación del tiempo de la interfaz de radio:

- El SMLC envía las peticiones al LMU para la información de medición del tiempo de la interfaz de radio.
- El SMLC se comunica continuamente con el LMU, por lo tanto, el SMLC puede monitorear la operación del LMU. Si un LMU falla al enviar la información del tiempo de la interfaz de radio, el SMLC tratará de reiniciar el LMU. Si el reinicio del LMU falla, el SMLC deberá informarlo al sistema O&M. El SMLC puede usar también los mensajes de diagnósticos para preguntar el estado del LMU.
- El SMLC recibe los resultados de medición de tiempo de la interfaz de radio de LMU.
- El SMLC almacena o consulta la información adicional requerida para la determinación de la sincronización en la estación base, la información de identidad de la estación base (LAC, CI, BSIC, *carrier*) y los esquemas de longitud.
- El SMLC determina las diferencias de sincronización entre estaciones base utilizando mediciones y otra información.
- La información de sincronización es repartida para los propósitos de localización de las estaciones móviles.

El SMLC controla un número de LMU's con el propósito de obtener las mediciones para ayudar a localizar abonados en el área de soporte. El SMLC es administrado con la capacidad y los tipos

de medición producidas por cada uno de sus LMUs. La señalización entre un SMLC y el LMU es transferida por medio de la MSC que da servicio a la LMU usando la interfaz L_s .

Si el Centro de Transmisión de Células (CBC) es asociado con una BSC, el SMLC podría conectarse al CBC para enviar un mismo mensaje a todas las estaciones de datos usando la capacidad de transmisión de celdas existentes. El SMLC actuará como un suscriptor, es decir, actuará como una entidad de transmisión de células en el CBC.

4.6.3. Procedimientos de localización estándar

Existen tres procedimientos estandarizados para la localización de una MS en cualquiera de las redes GSM/GPRS y/o UMTS, que son los siguientes:

- Terminados por el Móvil.
- Inducido por la red.
- Originado en el móvil.

4.6.3.1. Terminados por el móvil

Un cliente LCS externo empieza el procedimiento para localizar un abonado. En cuanto el LES ha validado y autorizado al cliente LCS, la consulta de localización se envía al GMLC. El GMLC interactúa con el HLR para obtener el MSC/VLR donde el suscriptor reside y las características relativas a la localización del suscriptor (las características del MS y los permisos de localización del suscriptor). Si el abonado confirma la autorización de estar localizado, la consulta llega al MSC que recibirá la estimación de localización del SMLC. El GMLC recibirá la respuesta de localización y proporcionará las coordenadas del MS al LES.

4.6.3.2. Inducido por la red

En este escenario, la red empieza los procedimientos para ubicar a un abonado, por ejemplo, el establecimiento de una llamada de emergencia. Esta vez la red interactúa con el SMLC para obtener la localización del abonado. En este momento el GMLC recibe la respuesta de localización y proporcionará al LES las coordenadas del abonado.

4.6.3.3. Originado en el móvil

El abonado es quién solicita la información de localización o decide proveerla a un servicio externo. Esta consulta llega al MSC, que pide al SMLC la localización de sus abonados. Otra vez el GMLC recibirá la respuesta de localización y proporcionará las coordenadas del MS al LES. El LES interactuará con el servicio externo por medio de una API pública.

4.6.4. Funcionalidad *roaming*

El GMLC/SMLC soportará la funcionalidad de *roaming*. Cuando la localización de un MS es solicitada por un operador (por medio de la interfaz L_r) o un cliente LCS (por medio de la interfaz extendida L_e), el LES pregunta por la localización al GMLC, el cual actuará en cualquiera de los siguientes escenarios:

- Si el MS no fuera un abonado del operador telefónico en estudio, ni residiera en su red, el GMLC responderá con la dirección IP del HPLMN y el LES preguntará por la localización al HPLMN del abonado, por medio de la interfaz L_r . El HPLMN podrá responder con la localización del abonado o negar la petición de localización.
- Si el MS no es un abonado del operador telefónico en estudio, pero estuviera en la cobertura de la red, el GMLC responderá con la dirección IP del HPLMN del abonado y su ubicación.

- Si la petición viene de la dirección IP de la HPLMN del abonado (por medio de la interfaz L_r), el LES responderá con la localización (la privacidad es verificada en el HPLMN).
- En otro caso, el LES preguntará por la localización de la dirección IP del HPLMN, para verificar la privacidad. El HPLMN podría negar la localización.
- Si el MS es uno de sus propios abonados pero no estuviera en la cobertura de la red, el GMLC responderá con la dirección IP del VPLMN. Entonces el LES preguntará por la localización del VPLMN.
- Si el MS es uno de sus propios abonados y está en la cobertura de la red, el GMLC, y por consiguiente el LES, responderán con la localización del MS.

4.6.5. Interfaces del módulo GMLC/SMLC

Las distintas interfaces de red que contiene el módulo GMLC/SMLC son:

- Interfaces de red
- Interfaz L_e del LES
- Interfaz L_e de clientes LCS

4.6.5.1. Interfaces de red

El GMLC / SMLC soportará las siguientes interfaces de red:

a) Interfaz L_h . La interfaz L_h (GMLC-HLR) será desplegada luego de la señalización de la Aplicación de la Parte Móvil (MAP), de acuerdo a los estándares LCS.

b) Interfaz L_g . La interfaz L_g (GMLC-MSC) es usada para interconectar el GMLC con el equipo correspondiente al MSC, ya sea para un equipo de segunda generación o un equipo de tercera generación. Esta interfaz es usada por el GMLC para convenir peticiones de localización a equipos de 2ª y 3ª generación que proporcionan un servicio a un destino particular. Esta interfaz

es utilizada por la MSC para regresar los resultados de localización al GMLC. Será desplegada luego de la señalización MAP, de acuerdo a los estándares LCS.

c) *Interfaz L_s* . La función de la interfaz es la de manejar la comunicación entre el SMLC y el MSC, que se lleva a cabo por medio del protocolo BSSMAP-LE. Este protocolo se encarga de llevar a cabo la petición de localización, la respuesta de localización y la cancelación de la localización, en caso de ser necesario.

d) *Interfaz L_p* . La interfaz L_p (SMLC-SMLC) permite el acceso para la información y los recursos almacenados por otro SMLC.

4.6.5.2. Interfaz L_e del LES

El Protocolo de Localización de Móvil (MLP), definido por el Foro de Interoperabilidad de Localización (LIF), es un protocolo a nivel de aplicación para consultar la localización de terminales móviles independientemente de la tecnología de red utilizada. En la mayoría de los escenarios, el cliente LCS inicia el diálogo enviando las consultas al servidor de localización y el servidor responde la consulta. La figura 4.8. hace referencia a los niveles de MLP.

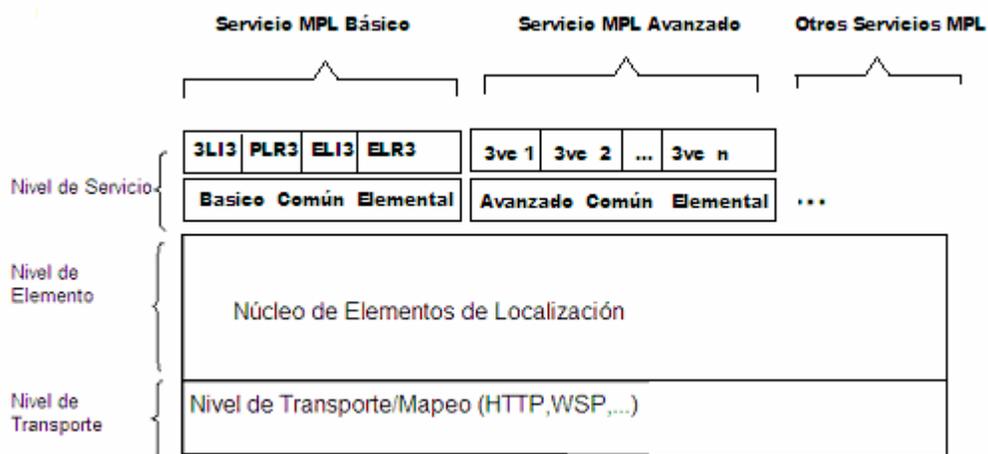


Figura 4.8. Niveles del protocolo de Localización Móvil.

En el nivel más bajo del MPL se encuentra el nivel de transporte, que actualmente utiliza XML. Existen distintos protocolos de transporte tales como HTTP, WSP y SOAP. El siguiente bloque hacia arriba contiene todos los elementos comunes que definen los elementos utilizados por los servicios definidos en el nivel de servicios. El nivel superior contiene los servicios que actualmente se utilizan con el protocolo MLP.

MLP puede ser implementado utilizando varios mecanismos de transporte, por ejemplo, HTTP, que es un tipo de protocolo de petición/respuesta que involucra a un servidor y a un cliente. En este contexto de MLP, el cliente es referido como el cliente LCS y el servidor es el Servidor de Localización.

El protocolo MLP describe distintos tipos posibles de servicios de localización. Cada implementación del servidor de localización puede elegir cuáles servicios se requieren o se necesitan, entre los cuales mencionamos: de localización inmediata, disparador de informe de localización, de emergencia inmediata, informe de localización de emergencia, informe de localización estándar y de petición de localización estándar con identificador de celda.

a) Servicio de Localización Inmediata. Es un servicio de consulta estándar, este servicio es utilizado cuando una sola respuesta de localización se requiere de inmediato.

b) Servicio disparador de informe de localización. Este es un servicio utilizado cuando la localización del abonado debe ser reportada en un intervalo de tiempo específico o en la ocurrencia de cierto tipo de evento.

c) Servicio de localización de emergencia inmediata. Este es un servicio utilizado especialmente para consultar la localización de un abonado que ha iniciado una llamada de emergencia. La respuesta a este servicio se requiere de manera inmediata.

d) Servicio de informe de localización de emergencia. Este es un servicio que se utiliza cuando la red automáticamente inicia la localización de una llamada de emergencia. La localización y la

información relacionada a ésta se envía a la aplicación de emergencias desde el servidor de localización.

e) Servicio de informe de localización estándar. Este es un servicio que es utilizado cuando el abonado desea que un cliente LCS reciba su ubicación. La localización es enviada al cliente LCS desde el servidor de localización.

f) Petición de localización estándar con identificador de celda. El GMLC estimará la localización del usuario a través de la localización de la BTS asociada con el identificador de celda recibido.

4.6.5.3. Interfaz L_e de clientes LCS

El GMLC/SMLC será un módulo independiente capaz de proporcionar la localización en las configuraciones del sistema de localización donde el módulo LES no se encuentre presente. Estas configuraciones específicas del sistema de localización serán compuestas por un solo módulo GMLC/SMLC, que proveerá la información de localización directamente a los clientes LCS por medio de la interfaz L_e y utilizando el protocolo MLP mencionado.

4.6.6. Capacidad y eficiencia del módulo GMLC/SMLC

El proveedor del GMLC/SMLC debe especificar la eficiencia real medida de los datos de la plataforma y las distintas configuraciones posibles, basados en el número de abonados del operador y en las consultas definidas del MLP.

El proveedor proporcionará el número de consultas por segundo y el tiempo de respuesta para una consulta básica de localización (dependiendo del método de localización), el estado del MS y los casos de tráfico.

4.6.7. Prioridad y resumen de las funcionalidades del GMLC/SMLC

La tabla 4.4. muestra una clasificación de las funcionalidades relacionadas al GMLC/SMLC. La implementación de una o varias de las funcionalidades mencionadas dependerá de cada operador.

Funcionalidad estándar del GMLC/SMLC
Soporte de métodos de localización (E-OTD, Cell ID, etc.)
Funcionalidad de <i>roaming</i>
Especificaciones de servicios de emergencia LBS
Interfaz del sistema de supervisión
Interfaz del sistema de facturación
Interfaz del sistema O&M
Interoperabilidad
Propuestas de configuración de distintas capacidades y eficiencias.

Tabla 4.4. Resumen de funcionalidades del GMLC/SMLC.

En el siguiente capítulo se muestran y explican las pruebas del Sistema Basado en Localización implementado, así como los resultados de las mismas.

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan las pruebas de operación aplicadas al sistema de localización por medio de telefonía celular.

5.1. Conceptos

Dentro de los esquemas de facturación en la telefonía celular, los más comunes, como hemos visto, son los esquemas de facturación prepago y pospago. En el caso de servicios especializados, como el de la localización, conviene a las empresas de telefonía hacer una facturación pospago, en la cual, se asigna un cierto número de eventos que se incluyen en la renta mensual del abonado. Una vez que se ha excedido este número de eventos preasignados, el abonado puede seguir haciendo uso de los servicios de telefonía, pero éstos tendrán un costo distinto, que también es especificado en el contrato de renta mensual.

Los eventos preasignados pueden ser de diversas características, por ejemplo, el evento de una llamada de voz, el evento del envío de un mensaje, etc. En nuestro caso particular, los eventos que interesan son las localizaciones, es decir, la solicitud de un abonado de localizar a otro abonado, un sitio de interés, etc.

El conjunto de eventos que se facturan de forma mensual se denomina bolsa. En planes de renta mensual, la bolsa puede consistir en dinero o en eventos, por ejemplo, una bolsa de 200 pesos mensuales, una bolsa de 100 llamadas, o una combinación de ambas, por ejemplo, una bolsa de 200 pesos y además 20 mensajes escritos, etc.

Para las pruebas presentadas en el presente trabajo, se ha considerado una bolsa de eventos de localización.

5.2. Desarrollo de pruebas y resultados

El presente conjunto de pruebas consiste en la parte del dispositivo mediador (MD) y también de la parte del servidor habilitador de localizaciones (LES), los cuales tienen la información más importante respecto a la localización y la facturación del usuario.

Para realizar las pruebas del Sistema Basado en Localización partimos de cuatro abonados, los cuales van ser localizables entre ellos (previa autorización de los mismos). Uno de ellos permanece estático en Ciudad Universitaria, otro está en movimiento constante por toda la delegación Coyoacán, los dos restantes están caminando, uno en la delegación Venustiano Carranza y el último en la delegación Tlalpan, todos ellos tienen encendidos sus MS.

Para presentar las acciones o resultados de las pruebas del MD, es importante detallar que manejaremos tres diferentes tipos de tablas, por lo que a continuación daremos una explicación de cada uno de los campos contenidos en éstas.

El primer tipo de tabla “Eventos” tenemos seis campos. El primero de ellos es Evento, el cual nos indica el número de evento que se realizó; en el segundo campo tenemos Número a Facturar, que contendrá el número al cual se le hará el cobro o facturación de la solicitud de localización; el siguiente campo es el de Número Origen, que contiene el número del MS que ha hecho la solicitud de localización; el cuarto campo es el Número Localizado, el cual se refiere al número del MS que se quiere localizar; el quinto campo, llamado Descripción, nos indica que tipo de servicio se ha solicitando, y por último, el campo de Salida, que nos proporciona información sobre si el evento se llevo con éxito o existió alguna falla por la cual no pudo ser concretado.

En el segundo tipo de tabla “Registros a la entrada de MD” tenemos ocho campos. El primero es el ID, que es el dato con el cual vamos a identificar el evento que se realizó; el segundo y tercer campo nos dan la FECHA y HORA en que se realizó el evento. El cuarto campo es EVENTO, el cual nos muestra el tipo de evento que fue solicitado. El quinto campo es NO_ORIGEN, que indica el número del MS que solicita el servicio; el sexto campo es NO_DESTINO, que indica el número del MS cuya localización fue solicitada. El séptimo campo es MENSAJE, que contendrá un aviso de error cuando no se lleva a cabo el servicio solicitado; cuando el registro de dicho campo está vacío, indica que el servicio solicitado fue exitoso; y por último, el campo VALOR, el cual nos indica el número de localizaciones que fueron dadas de alta.

El tercer tipo de tabla “Registros en la salida de MD” consta de 5 campos, de los cuales, el primero de ellos es ID_TRANSPORTE, el cual contiene registros del medio por el cual se está

realizando el servicio, para el caso de la prueba, es por medio de SMS y se representa como SM. Los siguientes campos son los de NO_ORIGEN, NO_DESTINO, FECHA y HORA, que son el abonado que origina la localización, el abonado que se intenta localizar, la fecha y la hora de localización, respectivamente.

5.2.1. Pruebas del dispositivo mediador

Como primer paso en la aplicación de pruebas al Sistema Basado en Localización, al primer abonado le creamos una bolsa de 500 localizaciones, para lo cual, creamos una empresa llamada Localiza1, con el número telefónico 5517958782, que es el número al cual se facturarán todos los eventos de localización y la dimos de alta con la bolsa antes mencionada. Para el segundo abonado fue una bolsa de 10 localizaciones y el nombre de la empresa que se dio de alta fue Localiza2, con el número telefónico 5516788068. Para el tercero fue una bolsa de 5 localizaciones y la empresa fue Localiza3, con el número telefónico 5591898165, y para el cuarto se creó una bolsa de 5 localizaciones y el nombre de la empresa fue Localiza4, con el número telefónico 5516788068.

Como siguiente paso, después de que se crearon las empresas, solicitamos que la empresa Localiza1 hiciera dos peticiones de localización, la primera que fuera hacia la empresa localiza3, con su MS encendido; la segunda que fuera a Localiza2 y tuviera apagado su MS. El resultado de la prueba se observa en la tabla 5.1. En la que podemos observar que tenemos tres eventos, en el primero se creó una bolsa de 500 localizaciones, esta petición fue exitosa. Los siguientes eventos fueron peticiones de localización, de las cuales, la primera fue exitosa, y la segunda no se pudo concretar.

Evento	Número a Facturar	Número Origen	Número Localizado	Descripción	Salida
1	5517958782			CreaBolsa(500)	Éxito
2	5517958782	5517958782	5521954906	Localización	Éxito
3	5517958782	5517958782	5516788068	Localización	Falla

Tabla 5.1. Eventos de Localiza1.

En la tabla 5.2. observamos que fue dada de alta la empresa Localiza1 satisfactoriamente y que se le asignó un valor a la bolsa de 500 localizaciones. La fecha de inicio de nuestro contrato fue el 10 de septiembre del 2005 a las 11:42:05. Después la empresa Localiza1 solicitó una localización de la empresa Localiza3 el 11 de septiembre del 2005 a las 11:50:47, y por último Localiza1 pide la localización de Localiza2 el 11 de septiembre del 2005 a las 12:44:53, la cual fue rechazada.

ID	FECHA	HORA	EVENTO	NO_ORIGEN	NO_DESTINO	MENSAJE	VALOR
1060b7c458a	20050910	114205	CreaBolsa	5517958782			500
1060b843f10	20050911	115047	localización	5517958782	5521954906		
1060b7ed8ba	20050911	124453	localización	5517958782	5516788068	Estación móvil no localizable	

Tabla 5.2. Registros a la entrada de MD para Localiza1.

En la tabla 5.3. podemos ver que el medio por el cual se pidió la localización fue a través de SMS. Podemos observar también la hora y la fecha en que se realizaron las peticiones, tanto de

creación de la bolsa de localizaciones, como de la localización de la empresa Localiza3. Para el evento en el que fue solicitado localizar a la empresa Localiza2 no hay ni fecha ni hora pues no se llevó a cabo y por lo tanto no se facturará.

ID_TRANSPORTE	NO_ORIGEN	NO_DESTINO	FECHA	HORA
SM	5517958782	LEM001	100905	114205
SM	5517958782	5521954906	110905	115047
SM	5517958782	5516788068		

Tabla 5.3. Registros a la salida de facturación del MD para Localiza1.

Para Localiza2 la prueba que se realizó fue dar de alta la empresa, primero con una bolsa de 10 localizaciones, además que existiera una renovación mensual de las mismas y que hiciera una solicitud de localización de la empresa Localiza1. Los eventos descritos son mostrados en la tabla 5.4.

Evento	Número a Facturar	Número Origen	Número Localizado	Descripción	Salida
1	5516788068			CreaBolsa(10)	Éxito
2	5516788068	5516788068	5517958782	Localización	Éxito
3	5516788068			CreaBolsa(10)	Éxito

Tabla 5.4. Eventos de Localiza2.

En la tabla 5.5. se muestra la información obtenida en los registros a la entrada del MD. Fue dada de alta la empresa Localiza1 satisfactoriamente y se le asignó un valor a la bolsa de 10 localizaciones. La fecha de inicio de nuestro contrato fue el 11 de septiembre del 2005 a las 10:00:05. Posteriormente Localiza2 solicitó una localización de la empresa Localiza1 el 11 de septiembre del 2005 a las 11:33:34. Posteriormente observamos que Localiza2, como lo estipula

su contrato, venció el periodo de localizaciones el 11 de octubre del 2005, por lo que ese mismo día automáticamente se renueva su contrato con una bolsa de 10 localizaciones a las a las 16:54:44.

ID	FECHA	HORA	EVENTO	NO_ORIGEN	NO_DESTINO	MENSAJE	VALOR
1060b7c458a	20050911	100005	CreaBolsa	5516788068			10
106366ba027	20050914	113334	localización	5516788068	5517958782		
10626236076	20051011	165444	CreaBolsa	5516788068			10

Tabla 5.5. Registros a la entrada de MD para Localiza2.

Para la tabla 5.6. tenemos la información obtenida la salida del MD para ser enviada a su vez al sistema de facturación del abonado Localiza2. El medio por el cual se pidió la localización fue a través de SMS. La hora y la fecha en que en que se realizaron las peticiones, tanto de creación de la bolsa de localizaciones, como la localización de la empresa Localiza1 y la renovación de dicha bolsa, también se pueden observar en la tabla. Todos estos eventos son facturables pues fueron eventos exitosos.

ID_TRANSPORTE	NO_ORIGEN	NO_DESTINO	FECHA	HORA
SM	5516788068	LEM001	110905	100005
SM	5516788068	5517958782	140905	113334
SM	5516788068	LEM001	111005	165444

Tabla 5.6. Registros a la salida de facturación del MD para Localiza2.

Para Localiza3, la prueba que se realizó fue dar de alta a la empresa primero con una bolsa de 4 localizaciones, pero que hiciera 5 solicitudes para localizar a la empresa Localiza2, en una de las

cuales se apagará el MS. También existe un evento de localización que no está contemplado en su bolsa de localizaciones. El resultado de esta prueba es observado en la tabla 5.7.

Evento	Número a Facturar	Número Origen	Número Localizado	Descripción	Salida
1	5591898165			CreaBolsa (4)	Éxito
2	5591898165	5591898165	5516788068	Localización	Éxito
3	5591898165	5591898165	5516788068	Localización	Falla
4	5591898165	5591898165	5516788068	Localización	Éxito
5	5591898165	5591898165	5516788068	Localización	Éxito
6	5591898165	5591898165	5516788068	Localización	Éxito

Tabla 5.7. Eventos de Localiza3.

En la tabla 5.8. se muestra la información obtenida en los registros a la entrada del MD. En los registros se observa que la empresa Localiza3 fue dada de alta satisfactoriamente y se le asignó un valor a la bolsa de 4 localizaciones, cuya fecha de inicio es el 11 de septiembre del 2005 a las 12:00:00. Posteriormente Localiza3 solicitó hacer una serie de localizaciones de la empresa localiza2 en distintas fechas, y solamente una no se llevó a cabo satisfactoriamente, que fue el 11 de septiembre del 2005 a las 14:44:53. Este evento no se llevó a cabo de forma satisfactoria debido a que dimos la orden de apagar el MS de la empresa localiza2 a partir de las catorce horas de la fecha en cuestión hasta el día siguiente.

ID	FECHA	HORA	EVENTO	NO.ORIGEN	NO_DESTINO	MENSAJE	VALOR
1370b9c458a	20050911	120000	CreaBolsa	5591898165			4
1060b943f10	20050911	135047	localización	5591898165	5516788068		
1060b9ed8ba	20050911	144453	Localización	5591898165	5516788068	Estación móvil no localizable	
1060b84c14e	20050912	125121	Localización	5591898165	5516788068		
1060c0a82a8	20050912	131726	Localización	5591898165	5516788068		
1060b7ed8ba	20050914	154529	Localización	5591898165	5516788068		

Tabla 5.8. Registros a la entrada de MD para Localiza3.

Para la tabla 5.9. se muestra la información obtenida a la salida del MD, para ser enviados a su vez al sistema de facturación del abonado Localiza3. El medio por el cual se pidió la localización fue a través de SMS. La hora y la fecha en que se realizaron las peticiones tanto de creación de la bolsa de localizaciones como para localizar la empresa Localiza2 también se muestran en la tabla. Se puede observar del mismo modo un evento de localización excedente que fue realizada el día catorce de septiembre del 2005 y cabe especificar que hay una solicitud sin fecha ni hora ya que no fue concretada.

ID_TRANSPORTE	NO_ORIGEN	NO_DESTINO	FECHA	HORA
SM	5591898165	5516788068	110905	120000
SM	5591898165	5516788068	110905	135047
SM	5591898165	5516788068		
SM	5591898165	5516788068	120905	125121
SM	5591898165	5516788068	130905	131726
SM	5591898165	5516788068	140905	154529

Tabla 5.9. Registros a la salida de facturación del MD para Localiza3.

Para Localiza4, la prueba que se realizó fue dar de alta la empresa, primero con una bolsa de 5 localizaciones, pero que hiciera 6 solicitudes para localizarse así misma, y como podemos ver habrá un excedente de una llamada que no contempla la bolsa de localizaciones contratada y habrá una renovación para el mes siguiente, pero a excepción de la prueba realizada a la empresa Localiza2 en esta renovación aumentará la bolsa de localizaciones a 10. Los resultados de esta prueba se observan en la tabla 5.10.

Evento	Número a Facturar	Número Origen	Número Localizado	Descripción	Salida
1	5516788068			CreaBolsa(5)	Éxito
2	5516788068	5516788068	5516788068	Localización	Éxito
3	5516788068	5516788068	5516788068	Localización	Éxito
4	5516788068	5516788068	5516788068	Localización	Falla
5	5516788068	5516788068	5516788068	Localización	Éxito
6	5516788068	5516788068	5516788068	Localización	Éxito
7	5516788068	5516788068	5516788068	Localización	Éxito
8	5516788068	5516788068	5516788068	Localización	Éxito

Tabla 5.10. Eventos de Localiza4.

En la tabla 5.11. se muestra los resultados obtenidos en los registros a la entrada del MD. La empresa Localiza4 fue dada de alta satisfactoriamente y se le asignó un valor a la bolsa de 5 localizaciones, cuya fecha de inicio de contrato fue el 11 de septiembre del 2005 a las trece horas. Después Localiza4 solicitó hacer una serie de localizaciones de sí misma en distintas fechas y solamente una no se llevó a cabo satisfactoriamente, que fue el 12 de septiembre del 2005 a las 13:51:21.

ID	FECHA	HORA	EVENTO	NO_ORIGEN	NO_DESTINO	MENSAJE	VALOR
1470b9c458a	20050911	130000	CreaBolsa	5516788068			5
1460b943f10	20050911	165047	Localización	5516788068	5516788068		
1660b9ed8ba	20050911	174453	Localización	5516788068	5516788068		
1660b84c14e	20050912	135121	Localización	5516788068	5516788068	Estación móvil no localizable	
1760c0a82a8	20050912	141726	Localización	5516788068	5516788068		
1863667cfc3	20050913	124324	Localización	5516788068	5516788068		
1990b9c458a	20050914	164529	Localización	5516788068	5516788068		
1990b9c458a	20051011	140000	CreaBolsa	5516788068			10

Tabla 5.11. Registros a la entrada de MD para Localiza4.

Para la tabla 5.12. tenemos los resultados obtenidos a la salida del MD, para ser enviados al sistema de facturación del abonado Localiza4. El medio por el cual se pidió la localización fue a través de SMS. La hora y la fecha en que en que se realizaron las peticiones tanto de creación de la bolsa de localizaciones, como para localizarse a sí mismo, son mostrados en los registros de la tabla. También se observa un evento de localización excedente, que fue realizada el día catorce de septiembre del 2005, y cabe especificar que hay una solicitud sin fecha ni hora, ya

que no fue concretada por haber excedido el tiempo en la respuesta del usuario que se localiza. Por último, podemos observar que la renovación de la bolsa se realiza con éxito aumentando a 10 el número de peticiones de localización que puede llevar a cabo a partir del 11 de Octubre del 2005.

ID_TRANSPORTE	NO_ORIGEN	NO_DESTINO	FECHA	HORA
SM	5516788068	LEM001	110905	130000
SM	5516788068	5516788068	110905	165047
SM	5516788068	5516788068	110905	174453
SM	5516788068	5516788068		
SM	5516788068	5516788068	120905	141726
SM	5516788068	5516788068	130905	124324
SM	5516788068	5516788068	140905	164529
SM	5516788068	5516788068	111005	140000

Tabla 5.12. Registros a la salida de facturación del MD para Localiza4.

5.2.2. Pruebas del LES

Como podemos observar de las pruebas anteriores, hubo básicamente dos resultados importantes: el primero caso en el cual la respuesta a la petición de localización es concluida satisfactoriamente, y por consiguiente, el segundo caso es contrario, es decir, que existe una falla en la localización, por lo que para la pruebas a desarrollar en el LES se tomaron en cuenta dichos casos.

Caso 1. Éxito en la localización. El presente caso muestra una localización exitosa. Los resultados mostrados son los del evento 1 de la empresa Localiza1 de pruebas del MD, donde la empresa Localiza1 hace una petición de localizar a la empresa Localiza3. La tabla 5.13 muestra los pasos y los procesos que se realizan para lograr la localización.

PASO	PROCESO
1	<BEGIN>
2	<pos>
3	<msid type="MSISDN">5517958782</msid>
4	<pd>
5	<time utc_off="-0600">20050911115047</time>
6	<coord>
7	<X>19 21 38.00N</X>
8	<Y>99 16 30.99W</Y>
9	</coord>
10	</pd>
11	</pos>
12	<CS_exta>
13	<cs_id>1060b843f10-0</cs_id>
14	<cs_status>0</cs_status>
15	</CS_exta>
16	<CS_exta_pos>
17	<CS_pos>
18	<msid type="MSISDN">5521954906</msid>
19	<CS_pd>
20	<coord>
21	<X>19 22 04.14N</X>
22	<Y>99 16 31.02W</Y>
23	</coord>
24	</CS_pd>
25	</CS_pos>
26	</CS_exta_pos>
27	<END>

Tabla 5.13. Caso de prueba exitoso de localización del módulo LES.

Los pasos 1 y 27 de la tabla 5.13 muestran el inicio y el fin de la localización en el LES. Los pasos 2 al 11 indican los datos del usuario que origina la localización, es decir, el origen. El paso 3 define el número telefónico de la empresa Localiza1, que es el origen. El paso 5 indica la fecha y la hora de petición de localización. De los pasos 6 al 9 se indica la localización del origen. Los pasos 12 al 15 registran el ID de autenticación de la localización. Los pasos 16 al 26 indican los datos del usuario a localizar, es decir, el destino. El paso 18 muestra el número telefónico de la empresa Localiza3, que es el destino. Los pasos 20 al 23 muestran la localización del destino.

Caso 2. Falla en la localización. Para este caso se presenta una falla en la localización, debido a que el tiempo de la respuesta del usuario fue excedido, y por ende, la petición se cancela. En la tabla 5.14 se muestran los pasos en este evento, en donde los pasos 1 y 23 muestran el inicio y fin de la localización en el LES. De los pasos 2 al 8 se muestran los datos del origen. El paso 3

indica el número telefónico de la empresa Localiza1, que es el origen, y los pasos 4 al 7 muestran el mensaje de error así como la fecha y hora de dicho mensaje. Los pasos 9 al 12 registran el ID de autenticación de la localización. Los pasos 13 al 22 muestran los datos completos de la petición de localización. En los pasos 14 al 18 están los datos del usuario que origina la solicitud de localización. Los pasos 20 al 23 tienen la información del número telefónico de la empresa Localiza3, que es el destino.

PASO	PROCESO
1	<BEGIN>
2	<pos>
3	<msid type="MSISDN">5517958782</msid>
4	<poserr>
5	<result resid="6">POSITION METHOD FAILURE (Unable to locate the
6	<time utc_off="-0600">20050911124453</time>
7	</poserr>
8	</pos>
9	<CS_exta>
10	<cs_req_id>1060b7ed8ba-0</cs_req_id>
11	<cs_status>0</cs_status>
12	</CS_exta>
13	<svc_init>
14	<hdr>
15	<requestor>
16	<id>MSISDN=5517958782</id>
17	</requestor>
18	</hdr>
19	<localiza>
20	<msids>
21	<msid type="MSISDN">5516788068</msid>
22	</msids>
23	<END>

Tabla 5.14. Falla en la localización del módulo LES.

5.3. Resultados

Después de haber seleccionado la compañía *Andrew Corporation* para el GMLC/SMLC y la compañía *Autodesk* para el LES y CS, se procedió a la integración del sistema en el cual hemos podido observar que las piezas fundamentales de los sistemas de localización son el GMLC y el

SMLC. El primero de ellos es el encargado de manejar la recepción y envío de las peticiones, mientras el segundo es el encargado del cálculo de la localización correspondiente.

El abonado realiza una petición a una determinada aplicación de localización que es proporcionada por el operador o por un proveedor de servicios. Esta a su vez es encargada de realizar una petición al GMLC de la localización del abonado. El GMLC es el primer servidor que recibe la petición de localización a través de la red GSM/GPRS y después la transmite al SMLC que calcula las coordenadas que serán usadas por la aplicación del servicio elegido por el abonado, pasando dicha información a través del LES que es el encargado de la comprobación de abonado válido, de autorización de dicha petición y de mandar la información obtenida por el SMLC hacia el CS, que es el encargado de buscar la localización del servicio solicitado (gasolinera, cine, teatros, etc.) en su base de datos y así devolver la información al GMLC/SMLC a través del LES. El GMLC/SMLC es quien será responsable de dar la información a través de la red GSM/GPRS al MS. El LES también se encarga de mandar la información de que se llevo a cabo una localización hacia el MD, en donde se factura dicho servicio.

De acuerdo a las pruebas que llevamos a cabo para poder comprobar el correcto funcionamiento del sistema de localización por medio de telefonía celular, en cada uno de los casos en que dimos de alta a diversas empresas, asignándoles diversos valores de bolsas de localización y pruebas a ejecutar, podemos asegurar que nuestro sistema está funcionando de manera correcta, puesto que las localizaciones se hicieron con una precisión de 50 metros a 75 metros, ya que utilizamos un método de localización llamado E-OTD y éste da un rango de precisión de 40 metros a 300 metros, por lo que estamos en la parte inferior del rango de precisión preestablecido. Todos los Servicios Basados en Localización se llevaron a cabo otorgándonos información de donde se encuentra la gasolinera más cercana, el estado del tiempo, etc. Lo anterior indica que nuestro Servidor de datos cartográficos y el GMLC/SMLC funcionan de manera correcta. En donde la localización falló fue en casos donde ya habíamos determinado que así tendría que ser, puesto que se habían apagado los MS de destino. El sistema MD factura de manera adecuada, puesto que hace un señalamiento cuando el MS excede del número de localizaciones asignadas y por lo tanto tendrán un costo mayor, aunado a esto realiza de manera eficaz la renovación de la asignación del número de localizaciones cada mes o dependiendo del

tipo de contrato al que haya accedido el abonado y por último no realiza ningún cargo cuando no lleva a cabo la petición de localización.

En el siguiente capítulo presentamos los resultados y conclusiones finales del proyecto.

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el presente capítulo se presentan los resultados y las conclusiones del sistema de localización por medio de telefonía celular.

6.1. Resultados

Como resultado de nuestro trabajo obtuvimos un sistema de localización mediante telefonía celular, el cual fue diseñado tomando como base principal la red GSM. En el sistema de localización se hace una solicitud de localización por medio de un MS que utiliza ondas de radio para conectarse con las BTS's, quienes son las encargadas de llevar a cabo el método de localización, que para nuestro trabajo fue el E-OTD. Elegimos este método por el hecho de tener un buen rango de precisión, además de ser un método que utiliza la red existente de telefonía móvil y utiliza los MS que existen en el mercado. Este método se basa en el tiempo de llegada de señales transmitidas desde 3 distintas BTS's, posteriormente la señal pasa a los BSC y por último llega a los MSC, que es el último punto donde utilizamos la infraestructura existente de la red GSM.

Una vez que la señal llega a la MSC, la solicitud de localización pasa hacia el GMLC/SMLC, que es el primer punto donde se realizan todas las solicitudes de localización de la red GSM, además es ahí donde se realizan los cálculos de las coordenadas de localización del MS. Con esta información accedemos al LES, que es el encargado de hacer las comprobaciones necesarias del abonado y de la autorización que otorgó para ser localizado. Después de haber comprobado lo anterior, pasa la solicitud al CS, que es el encargado de buscar en su base de datos la localización del servicio solicitado, por ejemplo, la ubicación de una farmacia, de un cine, etc. Ya que obtuvimos la información del CS, ésta regresa por el mismo camino antes mencionado hacia el MS. El LES es muy importante, puesto que también envía la confirmación del servicio otorgado hacia el MD, que es el encargado de facturar dicha solicitud a nuestro abonado. Este proceso completo se puede observar en la figura 6.1.

En nuestro diseño podemos observar que cuando no se llevan a cabo los servicios de localización es porque los MS están apagados o están fuera del área de servicio de nuestra compañía. La información referente al resultado de la localización también se envía al MD a través del LES, para que no se le cobre dicha localización a nuestro abonado, por lo tanto podemos decir que el objetivo principal de esta tesis se cumplió, ya que obtuvimos un sistema el cual trabaja de manera eficiente en todos sus rubros.

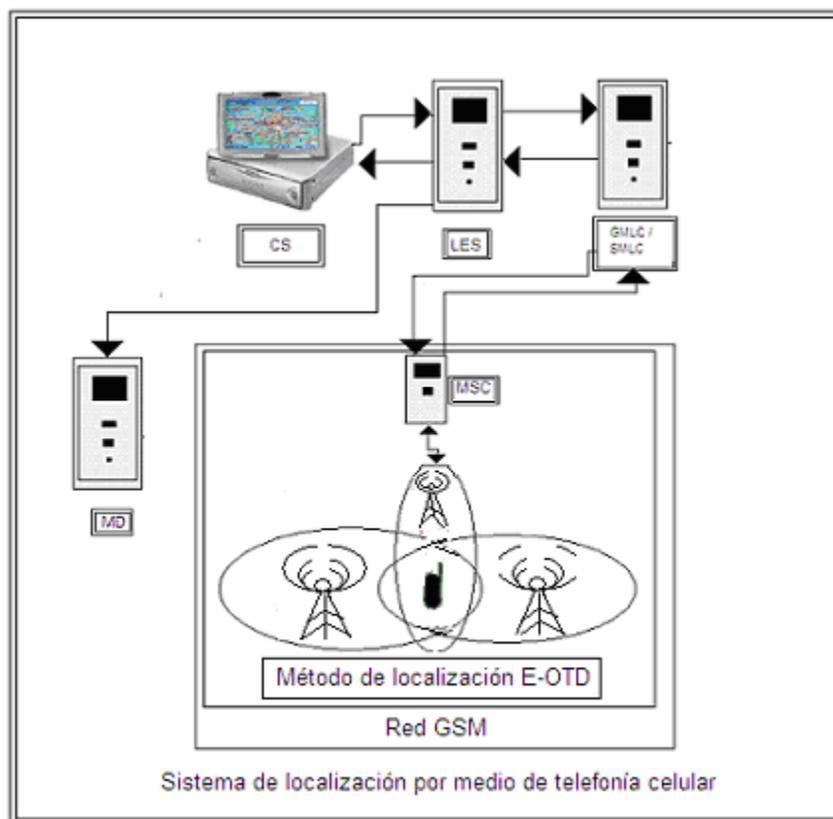


Figura 6.1. Sistema de localización por medio de telefonía celular.

Con base en las pruebas de operación realizadas, podemos observar que nuestro sistema cumple con todos los requerimientos expuestos a lo largo del presente documento, haciendo especial énfasis en que no sólo estamos dando la información de localización del MS, sino que contamos con los servicios que se generan de esta localización, que son los LBS (con un rango de precisión bastante aceptable para este tipo de sistemas de localización por medio de telefonía celular).

6.2. Conclusiones

Las ventajas que podemos obtener del sistema de localización por medio de telefonía celular son las siguientes:

Debido a la alta penetración de los MS en el mercado mundial, son de suma importancia los nuevos servicios, que aunados a los de la voz se nos proporcionen. Uno de estos servicios es el de localización, ya que a partir de éste podemos desarrollar una serie de servicios de gran importancia para todos los abonados de telefonía celular, que son los llamados Servicios Basados en Localización. Gracias a este tipo de servicios, los operadores de telefonía celular están en la posibilidad de conquistar nuevos mercados y afianzar el mercado ya existente, obteniendo con ello mayores ganancias.

Este sistema maneja la tecnología GSM, que es el estándar de la comunicación móvil más usado en todo el mundo y se ha establecido como una alternativa del sistema de satélites GPS para la tarea de localizar personas, ya que el sistema de localización por medio de telefonía celular en comparación con GPS es mucho más barato, ya que aprovecha la tecnología e infraestructura mediante la cual trabaja la telefonía celular para enlazar las llamadas de voz.

El uso del Sistema implementado permite seguir utilizando los MS que se tienen hoy en día, sin ninguna modificación.

Hasta ahora nos enfocamos en el sistema de localización por medio de telefonía celular, pero un punto importante y donde radican sus ventajas y por lo que se da la gran captación de abonados, son los LBS, en donde podemos apreciar una de esas ventajas de las que hablamos, que es el servicio de emergencia, ya que es un aspecto útil en esos momentos en los que los segundos son vitales. También se destaca el beneficio cuando se trata de personas con discapacidad física e intelectual, porque puede incrementar la sensación de seguridad de su familia. En estos casos, la autorización para ser localizado también es necesaria, pero la da la persona con la patria potestad o la tutela.

Una ventaja mas, son los servicios de información, ya que podemos disponer de información de tráfico, obtener un plano de la ciudad, publicidad o promoción de productos en la zona, información de turismo, localizar cierto tipo de servicios, como son: farmacias, hospitales, etc. Una ventaja más es para las empresas de logística, transporte o paquetería, ya que pueden utilizar los datos de localización para dar un mejor servicio a sus clientes, planificando mejor sus rutas de entrega, etc.

Las desventajas que se tienen al utilizar el sistema de localización por medio de telefonía móvil, por ser un sistema que se está dando a conocer, son las siguientes:

La comparación de este sistema con la localización mediante GPS es que la precisión es mucho mayor en el caso de éste último.

La privacidad es un punto importante, y puede considerarse como una desventaja, pero entendiendo claramente que al que se localiza es al MS y no a la persona propiamente. En este sentido no hay ningún problema, ya que si así se desea se puede apagar el MS para no ser localizado, además de que periódicamente enviaremos mensajes a los abonados, enumerando todas las personas que pueden localizarlo y pediremos que confirme su autorización, también se le notificará cada vez que una persona intente localizarlo pidiendo su autorización para llevarla acabo.

Otra desventaja es el riesgo de crear un historial de todos los sitios en los que ha estado el abonado, pero en este caso nos aseguraremos de que no se almacene información alguna de la localización del abonado, ya que una vez calculada y enviada la información al cliente se borran todos los registros.

Un punto importante que queda pendiente de estudio es la migración de la actual plataforma hacia la plataforma de tercera generación, en donde uno de los estándares con mayor dominio a nivel mundial será UMTS. En las redes de tercera generación la limitación del ancho de banda desaparece y la velocidad aumenta, y para nuestro caso particular, en estas redes se tiene la posibilidad de determinar la localización del MS con un mayor grado de precisión, ya que formará

parte de la red de acceso de radio, que es una red que controla las entidades físicas de acceso a la red y proporciona a los usuarios un mecanismo para acceder a la red troncal. Algunos de los métodos de localización que se agregan en las redes de tercera generación, particularmente UMTS, son:

- IPDL. Método de geometría hiperbólica.
- UAG. Método que requiere incorporar un receptor GPS simple en el MS

Sin embargo, el tema de la localización de MS's en las redes de tercera generación, requiere de un estudio mucho más detallado, el cual queda fuera del alcance de la presente tesis.

En el presente trabajo hemos podido constatar el hecho de que la enseñanza impartida en la Facultad de Ingeniería ha sido de un nivel de excelencia, puesto que nos ha servido de base para entender y analizar todos los requerimientos de nuestra tesis. Ejemplo de esto son las materias de teoría electromagnética, análisis de sistemas y señales, comunicaciones analógicas, comunicaciones digitales, óptica, costos y evaluación de proyectos, etc., que han sido fundamentales para el desarrollo de la misma.

A nivel general podemos decir que aunque en la vida profesional no se apliquen muchos de los conocimientos que adquirimos en la carrera de Ingeniería, podemos asegurar que ésta nos proporciona una formación tal, que hace que podamos resolver cualquier tipo de problemas con la formación lograda a través de nuestra estancia en dicha Facultad.

<http://www.andrew.com/>

<http://www.o2.com.tr/>

<http://www.geomode.net/>

<http://locationservices.autodesk.com/>

<http://www.gsmworld.com/>

http://www.mobilein.com/location_based_services.htm/

<http://www.wirelessdevnet.com/channels/lbs/features/mobilepositioning.html/>

<http://www.openmobilealliance.org/>

<http://www.ericsson.com/ericsson/>

<http://www.idc.com/>

GSM Association, *Location Based Services*, The GSM MoU Association, 2003.

3GPP, *Location Services (LCS); Service description (Release 5)*, 3GPP, 2001.

GSM Association, *LBS Roaming and Inter-working Guidelines*, The GSM MoU Association, 2004.

GSM Association, *Location Based Services. Service Implementation Guide*, The GSM MoU Association, 2002.

Apéndice A

Características técnicas de equipos utilizados en el Sistema de Localización basado en Telefonía Celular

A.1. Servidor GMLC/SMLC

Equipo	SUN Netra 420 AC
Procesador	Dos procesadores Ultra-SPARC II
Frecuencia	1.28 GHz
Memoria RAM	PC 133, 2GB de memoria máxima
Disco duro	SCSI 90GB
Puertos	Cuatro puertos Ethernet Base T.10/100/1000
Unidades Externas	DVD-ROM de 32X
Temperatura de Operación	
Normal	5 – 40 °C
Máxima	0 – 45 °C
Humedad:	
Normal	20 – 80 % de humedad relativa
Crítica	5 – 95 % de humedad relativa

A.2. Servidor de Datos Cartográfico

Equipo	SUN Blade 150 XATO
Procesador	Un procesador Ultra-SPARC Ili
Frecuencia	550MHz
Memoria RAM	PC 133, 512 MB de memoria máxima
Disco duro	SCSI 40GB
Tarjeta de gráficos	Resolución de 1920 x 1200 pixeles y 128 MB de RAM. PCI.
Puertos	Cuatro puertos. Ethernet Base T.10/100/1000
Unidades Externas	DVD-ROM de 32X
Temperatura de Operación	
Normal	5 – 40 °C
Máxima	0 – 45 °C
Humedad:	
Normal	20 – 80 % de humedad relativa
Crítica	5 – 95 % de humedad relativa

A.3. Servidor LES

Equipo	SUN FIRE V100
Procesador	Un procesador Ultra-SPARC II
Frecuencia	650 MHz
Memoria RAM	PC 133, 1GB de memoria máxima
Disco duro	SCSI 40GB
Puertos	4. Ethernet Base T.10/100/1000
Unidades Externas	DVD-ROM de 32X
Temperatura de Operación	
Normal	5 – 40 °C
Máxima	0 – 45 °C
Humedad:	
Normal	20 – 80 % de humedad relativa
Crítica	5 – 95 % de humedad relativa

Apéndice B

Glosario de términos

	3G	Third Generation
A	A-GPS:	Assisted Global Positioning System
	AOA:	Angle Of Arrival
	API:	Application Programming Interface
	ASP:	Application Services Provider
	AuC:	Authentication Center
	ANSI:	American National institute of Standardization
	AMPS:	Advanced Mobile Phone System
B	BC:	Billing Center
	BCH:	Broadcast Channel
	BSC:	Base Station Controller
	BSF:	Billing Statistics Function
	BSIC:	Base Station Identification Code
	BSS:	Base Station System
	BTS:	Base Transceiver Station
C	C/I:	Carrier to Interference Ratio
	CAMEL:	Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic
	CBC:	Cell Broadcast Centre
	CCITT:	Consultative Committee of International Telegraph & Telephone
	CDMA:	Code Division Multiple Access
	Cell-ID:	Cell Identity
	CEPT:	Conference of European Postal and Telecommunications
	CGI:	Cell Global Identity
	CI:	Cell Identity
	CLI:	Calling Line Identity
	CLIP:	Calling Line Identity Presentation
	CLIR:	Calling Line Identity Restriction
	COFETEL:	Comisión Federal de Telecomunicaciones
	CP:	Content Provider
D	DCS:	Digital Cellular System
	DGPS:	Differential Global Positioning System
E	EDGE:	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
	EC:	European Comisión
	EGMLC:	Enhanced Gateway Mobile Location Centre
	E-OTD:	Enhanced Observed Time Difference
	ETSI:	European Telecommunications Standard Institute
F	FCC:	Federal Communications Commission

	FDD:	Frequency Division Duplex
	FDMA:	Frequency Division Multiple Access
G	GMLC:	Gateway Mobile Location Centre
	GMSC:	Gateway MSC
	GMSK:	Gaussian Minimum Shift Keying
	GPRS:	General Packet Radio Services
	GPS:	Global Positioning System
	GSM:	Global System for Mobile Communications
H	HLR:	Home Location Register
	HTTP:	Hypertext Transfer Protocol
	HPLMN:	Home Public Land Mobile Network
I	IMSI:	International Mobile Subscriber Identity
	IPDL	Idle Periods Down Link
	ISDN:	Integrated Services Digital Network
	IMTS:	Improved Mobile Telephone Service
	ITU:	International Telecommunication Union
L	LCAF:	Location Client Authorization Function
	LAC:	Local Area Coverage
	LBS:	Location Based on Services
	LCCF:	Location Client Control Function
	LCCTF:	Location Client Coordinate Transformation Function
	LCS:	Location Services
	LCSC:	Location Services Client
	LDR:	Location Deferred Request
	LIF:	Location Interoperability Forum
	LIR:	Location Immediate Request
	LMU:	Location Measurement Unit
	LOS:	Line-Of-Sight
	LPC:	Linear Predictive Code
	LSBF:	Location System Billing Function
	LSOF:	Location System Operations Function
M	MD:	Mediation Device
	MLC:	Mobile Location Centre
	MLP:	Mobile Location Protocol
	MO-LR:	Mobile Originating Location Request
	MS:	Mobile Station
	MSC:	Mobile-Services Switching Centre
	MS-ISDN:	Mobile Station Integrated Services Digital Network Number

	MSRN:	Mobile Station Roaming Number
	MT-LR:	Mobile Terminating Location Request
N	NI-LR:	Network Induced Location Request
	NMD:	Network Measurement Data
	NMR:	Network Measurement Report
	NMC:	Network Monitoring Center
	NMT:	Nordic Mobile Telephone
	NSS:	Network Switching Subsystem
O	OSI:	Open System Interconnection
	OTD:	Observed Time Difference
	OSS	Operation and Service Subsystem
P	PCF:	Position Calculation Function
	PCS:	Personal Communication Services
	PDN:	Public Data Networks
	PIN:	Personal Identification Number
	PLMN:	Public Land Mobile Network
	PMN:	Public Mobile Network
	PSTN:	Public Switched Telephone Network
R	RPLMN:	Requesting Public Land Mobile Network
	RTD:	Real Time Difference
S	SIM:	Subscriber Identity Module
	SMLC:	Serving Mobile Location Centre
	SP:	Service Provider
T	TACS:	Total Access Communication System
	TA:	Timing Advance
	TDD:	Time Division Duplex
	TACS:	Total Access Communication System
	TDMA:	Time Division Multiple Access
	TRAU:	Transcoder and Rate Adaptation Unit
U	UAG	Utran Assisted GPS
	UMTS:	Universal Mobile Telecommunications System
V	VLR:	Visitor Location Register
	VMS:	Voice Mail System
	VMSC:	Voice Mail System Center
	VPLMN:	Visited Public Land Mobile Network
W	WAP:	Wireless Application Protocol
	WCDMA:	Wideband Code Division Multiple Access