



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"ANALISIS DE IMPLEMENTACION DE LA
TECNOLOGIA GPRS EN REDES GSM"**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA ELECTRICA ELECTRONICA

P R E S E N T A :

ALFREDO ROBLES MENDOZA



DIRECTOR DE TESIS: ING. JUAN FERNANDO SOLORZANO PALOMARES

MEXICO, D. F.

FEBRERO 2004



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

Por su infinito amor, apoyo y paciencia, gracias por ser unos padres maravillosos y en especial tu Mamá que siempre he tenido el respaldo, la tolerancia incondicional y el gran cariño. Gracias a los dos.

A MIS HERMANAS: Alejandra, Cecilia y Leticia

Por ser unas hermanas maravillosas, gracias por sus palabras de aliento y también por aquellas que me dan la fuerza de seguir adelante.

A MI NOVIA: Maria Teresa González Mendoza

Con todo mi Amor, gracias por tu apoyo incondicional en todo momento y que Dios nos permita compartir todo lo que somos.

A MIS ABUELTOS: Luciano y Carmen †

Por todo lo que nos han dado.

A TODA MI FAMILIA

Por su infinito apoyo en tiempos difíciles y en cualquier momento. Gracias a todos.

AL ING. JUAN FERNANDO SOLÓRZANO PALOMARES

Por apoyarme en la realización de este trabajo, por su tiempo y conocimiento que compartió conmigo. Gracias.

A MIS SINODALES

Por el tiempo de revisión y comentarios del presente trabajo, pero sobre todo por el apoyo y conocimientos que comparten con todo aquel que desea conocer un poco más.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Por darme la oportunidad de realizar mi carrera profesional y servicio social, ahora aplico esos valiosos conocimientos con espíritu universitario.

Introducción

i

Capítulo 1 Conceptos Básicos de Telefonía Celular

1.1	Definición de un Sistema de Telefonía Celular	1
1.1.1	<i>Radio Telefonía Móvil Celular</i>	1
1.1.2	<i>Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC)</i>	2
1.1.3	<i>Estación Radio Base (BS)</i>	6
1.2	Bandas del Espectro Radioeléctrico	13
1.3	Conceptos Necesarios en un Sistema de Comunicación Celular	15
1.3.1	<i>Conceptos de Frecuencia</i>	15
1.3.2	<i>Transmisión Analógica y Digital</i>	18
1.3.3	<i>Problemas de Transmisión</i>	20
1.3.4	<i>Soluciones a Problemas de Transmisión</i>	23
1.4	Planeación Celular	25
1.4.1	<i>Célula</i>	25
1.4.2	<i>Introducción a la Planeación Celular</i>	27

Capítulo 2 Tecnología GSM

2.1	Especificaciones y Fases de la Tecnología GSM	31
2.1.1	<i>Especificaciones GSM</i>	31
2.1.2	<i>Fases GSM</i>	32
2.2	Componentes de la Red GSM	33
2.2.1	<i>Sistemas de GSM</i>	33
2.2.2	<i>Componentes del Sistema de Switcheo</i>	35
2.2.3	<i>Componentes del Sistema Estación Base (BSS)</i>	36
2.2.4	<i>Centros de Monitoreo de la Red</i>	36
2.2.5	<i>Estación Móvil (MS)</i>	37
2.3	Interfases en el Sistema GSM	38
2.3.1	<i>Interfase A MSC-BSC</i>	38
2.3.2	<i>Interfase Abis BSC-BTS</i>	38
2.3.3	<i>Interfase de Radio Um</i>	38
2.4	Estructura Geográfica de la Red GSM	39
2.4.1	<i>Célula</i>	39
2.4.2	<i>Área de Localización (LA)</i>	39
2.4.3	<i>Área de Servicio de MSC</i>	40
2.4.4	<i>Área de Servicio PLMN</i>	40
2.4.5	<i>Área de Servicio GSM</i>	41
2.5	Bandas de Frecuencias GSM	43

Capítulo 3 Tecnología GPRS

3.1	Definición de GPRS	45
3.2	Conceptos Básicos de GPRS	45
3.2.1	<i>Tipos de Redes de Datos</i>	45
3.2.2	<i>Tipos de Aplicaciones de Comunicaciones de Datos</i>	46
3.2.3	<i>Tipos de Conexión de Datos</i>	46
3.3	Sistema GPRS	48
3.4	Elementos de GPRS	49

3.4.1	<i>Equipamiento Terminal (TE)</i>	49
3.4.2	<i>Terminal Móvil (MT)</i>	49
3.4.3	<i>Estación Móvil (MS)</i>	49
3.4.4	<i>Tarjeta SIM de la Estación Móvil</i>	50
3.4.5	<i>BSS</i>	50
3.4.6	<i>MSC</i>	50
3.4.7	<i>Serving GPRS Support Node (SGSN)</i>	50
3.4.8	<i>Gateway GPRS Support Node (GGSN)</i>	51
3.4.9	<i>HLR</i>	51
3.4.10	<i>VLR</i>	52
3.4.11	<i>SGSN y GGSN Co-locados</i>	52
3.4.12	<i>Gateway MSC de Servicios de Mensajes Cortos (SMS-GMSC) y SMS Interworking MSC (SMS-IWMSC)</i>	52
3.5	<i>Servicios de GPRS</i>	52
3.5.1	<i>Comunicaciones</i>	53
3.5.2	<i>Servicios de Valor Agregado</i>	54
3.5.3	<i>Servicios Basados en Localización de Objetos y Telemetría</i>	55
3.5.4	<i>Aplicaciones Verticales</i>	55
3.5.5	<i>Publicidad</i>	55
3.6	<i>Arquitectura GPRS</i>	56
3.7	<i>Propiedades GPRS</i>	57
3.7.1	<i>Manejo de Payload</i>	57
3.7.2	<i>Acceso a Radio</i>	58
3.7.3	<i>Movilidad</i>	58
3.7.4	<i>Roaming</i>	59
3.7.5	<i>Autenticación y Ciphering</i>	60
3.7.6	<i>Suspensión y Reanudación de Conexión</i>	62
3.7.7	<i>Voceo</i>	62
3.7.8	<i>Administración de Sesión</i>	63
3.7.9	<i>Administración de Suscripción</i>	65
3.7.10	<i>Monitoreo de Desempeño</i>	66
3.7.11	<i>Administración de Seguridad</i>	67
3.8	<i>Soporte de Servicios de Mensajes Cortos</i>	67
3.9	<i>Servicios de Usuario Final</i>	68
3.9.1	<i>Conectividad IP</i>	68
3.9.2	<i>Transmisión a Diferentes Velocidades</i>	68
3.9.3	<i>Acceso a Servicios de Internet</i>	69
3.10	<i>Red de Radio GPRS</i>	69
3.10.1	<i>Trama TDMA</i>	69
3.10.2	<i>Canal Físico</i>	69
3.10.3	<i>Canal Lógico Funcional</i>	69
3.10.4	<i>Canales Lógicos de Paquetes de Datos</i>	69
3.11	<i>Estructura de la Red de Radio GPRS</i>	70
3.11.1	<i>Área de Servicio GPRS (SA)</i>	71
3.11.2	<i>Public Land Mobile Network (PLMN)</i>	72
3.11.3	<i>Área SGSN</i>	72
3.11.4	<i>Routing Área SGSN (RA)</i>	72
3.11.5	<i>Área de Localización (LA)</i>	72
3.11.6	<i>Área Base Station Controller (BSC)</i>	72
3.11.7	<i>Célula</i>	72
3.12	<i>Aspectos de Planeación Celular para GPRS</i>	73

3.12.1 Consecuencias de usar el mismo Plan Celular para Circuitos Switcheados y tráfico GPRS	74
--	----

Capítulo 4 Implementación de GPRS en Redes GSM

4.1	Introducción	75
4.2	Integración de GPRS en Redes GSM	76
4.3	GPRS en BSS	77
4.4	Nuevos Elementos: Nodos GSN	77
4.5	Arquitectura GSN	78
4.5.1	Subsistemas de GSN	79
4.5.2	Subsistema de Core	79
4.5.3	Subsistema de Aplicación	79
4.5.4	Hardware GSN	79
4.5.5	Características del GSN	79
4.6	Entradas y Suposiciones	80
4.6.1	Red GSM existente	80
4.6.2	Aplicación de Tráfico	82
4.6.3	Tráfico de SMS	82
4.6.4	Tráfico Adicional	82
4.6.5	Distribución de Suscriptores	82
4.6.6	Distribución de Tráfico	83
4.7	Dimensionamiento de la BSC/PCU	84
4.7.1	Entradas	84
4.7.2	Procedimiento	85
4.7.3	Resultados	85
4.8	Dimensionamiento del Nodo GSN	86
4.8.1	Capacidad del Nodo GSN	87
4.8.2	Resultados	87
4.8.3	Número de Nodos GSN requeridos para la Integración de la red GPRS	87
4.8.4	GSN con referencia a la Capacidad y Demandas Topológicas	88
4.8.5	Estructura de la Red GPRS	88
4.9	Interfase Gb	89
4.9.1	Propósito	89
4.9.2	Solución de la Red	89
4.9.3	Interfases Físicas	90
4.9.4	Capa Servicio de Red	90
4.9.5	Servicio de Sub-Red Servicio Frame Relay	91
4.9.6	Control de Servicio de Red	91
4.9.7	Suposiciones de Diseño	91
4.9.8	Dimensionamiento PCU Gb	91
4.9.9	Redundancia	92
4.9.10	Diagramas de la Red Gb	93
4.9.11	Configuración de Datos	94
4.9.12	Distribución de los Enlaces E1 de las BSCs en los Nodos CGSNs	106
4.10	Interfases Gd y Gr	108
4.10.1	Interfases SS7	108
4.10.2	Carga de Señalización de Interfases Gr/Gd	108
4.10.3	Interfase Gd	109
4.10.4	Interfase Gr	109
4.10.5	Elementos de Red	110

4.10.6	<i>Modelo de Red</i>	110
4.10.7	<i>Ubicación de STPs</i>	111
4.10.8	<i>Topología</i>	111
4.10.9	<i>Red Lógica SS7</i>	116
4.11	<i>Interfases Gn y Gom</i>	120
4.11.1	<i>Propósito</i>	120
4.11.2	<i>Descripción de la Interfase Gn/Gom</i>	120
4.11.3	<i>Solución de la Red</i>	121
4.11.4	<i>Diseño Lógico de las Redes Gn y Gom</i>	123
4.11.5	<i>Interfase Gn</i>	123
4.11.6	<i>Interfase Gom</i>	124
4.11.7	<i>Configuración de la Interfase Gn/Gom</i>	124
4.12	<i>Interfase Gi</i>	124
4.12.1	<i>Propósito</i>	124
4.12.2	<i>Descripción de la Interfase Gi</i>	124
4.12.3	<i>Arquitectura Interna de CGSN</i>	124
4.12.4	<i>Redes Internas del Nodo GSN</i>	126
4.12.5	<i>Direccionamiento del Nodo Gi</i>	126
4.12.6	<i>Ruteo GSN</i>	127
4.12.7	<i>Descripción de la Solución</i>	128
4.12.8	<i>Transporte IP para la Interfase Gi</i>	129
4.13	<i>Grupo de Servicio GPRS</i>	130
4.13.1	<i>Configuración Básica del Grupo de Servicio GPRS</i>	132
4.13.2	<i>Configuración Física</i>	132
4.13.3	<i>Configuración de Capa de Enlace</i>	133
4.14	<i>Servicios de Soporte GPRS</i>	137
4.14.1	<i>Descripción de los Equipos</i>	138
4.15	<i>Resumen de Lista de Equipamiento</i>	139
4.16	<i>Soporte GPRS en Células</i>	139
4.16.1	<i>Definición de Células GPRS</i>	139
4.17	<i>Evaluación Económica</i>	141
Resultados		142
Conclusiones		142
Glosario		144
Bibliografía		147

Introducción

Las telecomunicaciones móviles son las de mayor crecimiento y más demandantes de todas las tecnologías de telecomunicaciones.

Actualmente esto representa un gran incremento del porcentaje del número de nuevos suscriptores al rededor del mundo. En muchos casos, las soluciones exitosas de telefonía celular compiten con redes telefónicas tradicionales alámbricas

La introducción de la segunda generación de sistemas de telefonía celular presenciò un impresionante crecimiento en el número de suscriptores móviles. Los sistemas más populares de segunda generación son GSM (Global System For Mobile Communication) e IS-95. El sistema GSM se basa en tecnología TDMA (Time Division Multiple Access) y se usa principalmente en Europa, también en Asia, África y América Latina. El sistema IS-95 se basa en tecnología CDMA (Code Division Multiple Access) y se usa principalmente en Norte América. Con el incremento de la popularidad de estos sistemas también se incrementó la demanda de los servicios de datos inalámbricos. Estos sistemas fueron diseñados para soportar datos en conmutación de circuitos y datos en conmutación de paquetes con limitantes de tráfico. Hoy en día los sistemas inalámbricos son capaces de proveer varios servicios como acceso a Internet, WAP, mensajes cortos y servicio de mensajes multimedia.

Los sistemas celulares de segunda generación ofrecen bajas tasas de datos, el tiempo de conexión es elevado y los servicios son muy caros. La razón de esto es que estos sistemas son diseñados principalmente para manejar datos a través de conmutación de circuitos lo que significa que un canal es dedicado para un solo usuario durante la duración de la llamada. Esto conlleva a la ineficiente utilización del canal, GPRS (General Packet Radio Service) se desarrollo para eliminar en lo posible estas ineficiencias. Para la tecnología de conmutación de paquetes (GPRS) se utilizan burst y muchas llamadas pueden utilizar el mismo canal. En la tecnología de conmutación de paquetes, los canales pueden ser asignados a los usuarios cuando lo necesiten, principalmente para compartir el canal físico y para utilizar el canal eficientemente.

GPRS es una expansión de hardware y software de los estándares existentes de GSM y TDMA que proporciona servicios de datos (paquetes conmutados) a suscriptores móviles. Esta tecnología soporta el Protocolo Internet (IP).

Los servicios existentes de circuitos conmutados de GSM no se verán afectados por el suministro de esta tecnología y actualización.

GPRS aplica el agrupamiento de ranuras de tiempo para conseguir altas tasas de "throughput".

Las características más importantes de GPRS comparadas a GSM son:

- Rápido acceso y liberación de los recursos de la interfase de aire.
- Mayor flexibilidad en el compartimiento de los recursos disponibles en la interfase de aire.
- Mayor eficiencia en el uso de los recursos de la interfase de aire, ya que GPRS proporciona asignación dinámica de los recursos de paquetes switcheados basados en la demanda actual.

Obviamente, los recursos disponibles en la interfase de aire no pueden ser ampliados por GPRS. Por lo tanto, GPRS requiere de una funcionalidad inteligente dentro de la red para controlar el acceso de las diferentes estaciones móviles.

Tasas de "Throughput"

Basado en el principio de agrupamiento de ranuras de tiempo y por el empleo de nuevos esquemas de codificación, GPRS puede proporcionar tasas de "throughput" de hasta 172.4 kbits/seg. GPRS introduce tres nuevos esquemas de codificación a GSM los cuales son

nombrados CS-2, CS-3 y CS-4. Estos nuevos esquemas de codificación logran altas tasas de "throughput" por ranura de tiempo que GSM puede lograr pero ofrece menos protección a los datos.

Las tasas de "throughput" dependen del esquema de codificación y número de time slots empleados.

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo general el de establecer las bases necesarias para implementar la tecnología GPRS en una red de telefonía celular GSM, con la finalidad de proporcionar servicios de voz, datos y video a través de una sola red celular. Los objetivos particulares son: aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la licenciatura y aplicar los conocimientos adquiridos por investigación y análisis.

La metodología que se emplea en la elaboración de esta tesis es: *Investigación* mediante libros, publicaciones, consultas en Internet, estándares, etc. *Análisis* de estadísticas, modelos de tráfico (capacidad y disponibilidad), métodos de conectividad y redundancia, así como, *Aplicación* de los conocimientos adquiridos en licenciatura, cursos, experiencia laboral, etc.

Este trabajo de tesis detalla el análisis de implementación de la tecnología GPRS en una red GSM ya definida, que se encuentra localizada en el territorio de la República Mexicana y se encuentra dividida por regiones, la siguiente tabla muestra la distribución de las regiones.

Regiones	Estados
Región 1	Baja California Norte, Baja California Sur y San Luis Río Colorado Son.
Región 2	Sinaloa y Sonora (Excepto San Luis Río Colorado)
Región 3	Chihuahua, Durango y Coahuila (Matamoros, Torreón, San Pedro)
Región 4	Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila (Excepto Matamoros, Torreón, S. P.)
Región 5	Colima, Michoacán, Nayarit y parte de Jalisco
Región 6	Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, SLP y Jalisco
Región 7	Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Tlaxcala
Región 8	Yucatán, Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Tabasco
Región 9	México D. F., Morelos, Hidalgo, Estado de México

Sin embargo, este análisis de implementación de GPRS solo considera las regiones 4, 5 y 9, ya que son las que tienen el mayor número de suscriptores móviles y abarcan a las Ciudades más importantes de la República Mexicana, por otro lado, este trabajo de tesis contempla la Fase 1 de GPRS y con análisis posteriores podemos integrar las seis regiones restantes sin cambios significativos en el diseño original.

Este trabajo de tesis inicia con los conceptos básicos de telefonía celular, en donde se describen los elementos principales de una red de telefonía celular, conceptos necesarios de un sistema de comunicación celular, principios de transmisión y se introduce a la planeación celular.

En el Capítulo 2 se detalla la tecnología GSM, en donde se establecen las especificaciones y fases de la tecnología GSM, se describen los componentes de una red GSM y se detalla la estructura geográfica de la red GSM.

En el Capítulo 3 se estudia la Tecnología GPRS, aquí analizamos los conceptos básicos de GPRS, se estudia la arquitectura básica de una red GPRS, se analizan los elementos de la red, así como las propiedades y servicios de GPRS.

En el último y cuarto Capítulo se realiza el diseño de implementación de la red GPRS, estudiando el dimensionamiento de los elementos como GSNs (GPRS Support Nodes), PCUs (Packet Control Units), interfases (Gb, Gi, Gn, Gm, Gd, y Gr), así como el estudio de los grupos de servicio GPRS y servicios de soporte.

CAPÍTULO 1

Conceptos Básicos de Telefonía Celular

1.1 Definición de un Sistema de Telefonía Celular

1.1.1 Radio Telefonía Móvil Celular

El sistema celular es un moderno sistema de Telecomunicación que satisface las necesidades de comunicación telefónica, al permitir estar en contacto a toda hora y desde cualquier lugar dentro del Área de Servicio Celular. Este sistema viene a revolucionar la "Telefonía Convencional", ya que deja atrás los cables y los sustituye por frecuencias de radio, dando la opción de servicio telefónico móvil. El término "Celular" se refiere a la manera en que están agrupadas las zonas de servicio que proporciona el sistema por medio de las estaciones de radio (Radiobases). Estas radiobases proporcionan el enlace bidireccional de radio con el teléfono y permiten el establecimiento de la conversación telefónica. Cada radiobase está conectada a la central Digital de Telefonía Celular (MTX). Esta central o MTX a su vez también está conectada a la Red Telefónica Pública Conmutada para poder dar paso a llamadas que entran o salen de la red celular.

También se pueden interconectar varios MTX para realizar la función de "roaming", que consiste en poder hacer y recibir llamadas en diferentes áreas de Servicio Celular.

Dentro de las características principales con que cuenta la Telefonía celular, están las siguientes:

- Amplia capacidad para abonados.
- Uso eficiente del espectro.
- Compatibilidad Nacional e Internacional.
- Amplia disponibilidad.
- Adaptabilidad a la densidad de tráfico.
- Servicio a vehículos o en forma portátil.
- Servicios telefónicos regulares.
- Servicios de valor agregado.

Varios sistemas de radio cubren las ventajas mencionadas anteriormente, con excepción de las dos primeras; sólo el sistema celular permite alta capacidad para abonados y el uso eficiente del espectro, ya que es capaz de servir a miles de abonados sin necesidad de hacer crecimientos continuos en el espectro de frecuencia.

1.1.2 Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC)

En este ámbito trataremos sólo la central telefónica de conmutación digital SPC (Stored Program Controlled) AXE (Stored Program Control Telephone Exchange) 10, que es la base del corazón en el sistema celular de la mayoría de los operadores. Un diseño altamente modular hace al AXE 10 flexible para adaptarse a las diferentes aplicaciones. Las centrales AXE 10 digitales se encuentran operando exitosamente en todo el mundo, para servicio local, tránsito nacional, tránsito internacional y el sistema telefónico celular, particularmente de manera exitosa.

Estructura del Sistema

El AXE 10 consiste de un número de subsistemas, cada uno realizando un papel específico en la central telefónica. Cada subsistema está diseñado con un alto grado de autonomía y está conectado a otros subsistemas vía interfaces estándar. Esta arquitectura de sistemas significa que varios subsistemas pueden ser combinados de diferentes maneras para enfrentar los requerimientos de centrales telefónicas de distintos tipos y tamaños en las redes actuales.

El AXE 10 consiste de dos sistemas:

- Sistema de Conmutación (APT).
- Sistema de Procesamiento de Datos (APZ).

Cada uno de los cuales está compuesto de varios subsistemas.

Sistema de Conmutación APT

El sistema de conmutación, normalmente implementado en el MSC, es el sistema APT 210 08. Sus subsistemas son presentados en la figura 1-1. Algunos de estos subsistemas están implementados tanto en hardware como en software y algunos sólo en software.

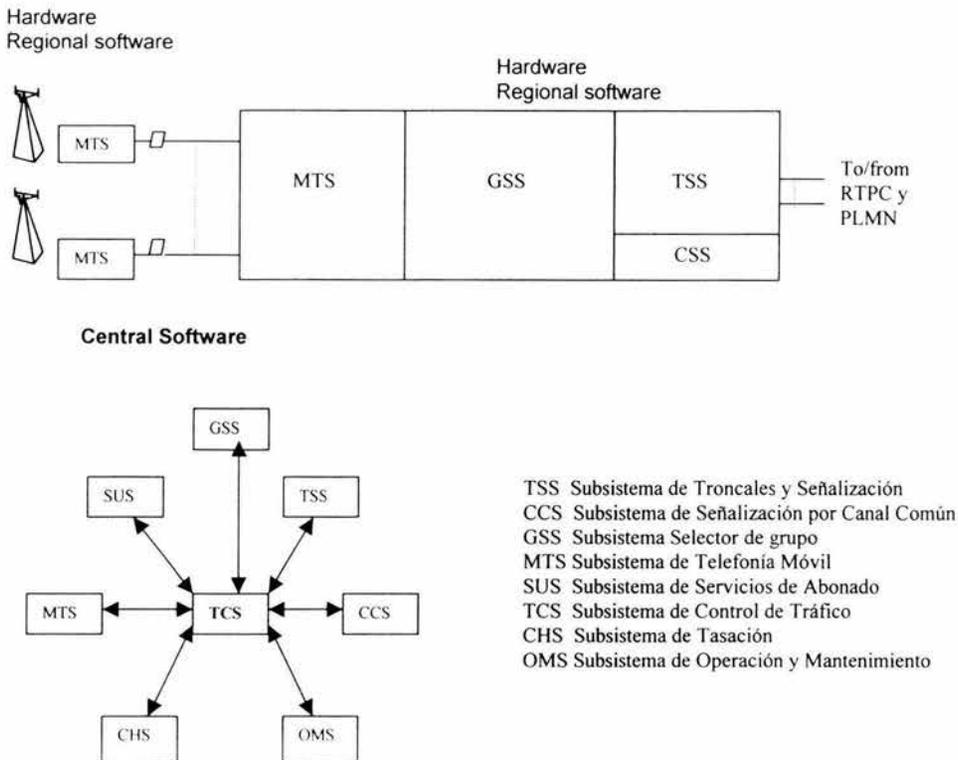


Figura 1-1 Subsistema en APT

Subsistema de Señalización y Troncales (TTS)

Este subsistema supervisa el estado de las líneas troncales, hacia la PSTN (Public Switched Telephone Network) y hacia otros MSC's. La señalización entre el MSC y éstos dos, también se maneja por TTS.

Subsistema de Señalización por Canal Común (CCS)

Este subsistema contiene funciones para señalización, enrutamiento, supervisión y corrección de mensajes enviados de acuerdo a CCITT (Consultative Committee International for Telegraph and Telephone) No. 7.

Subsistema Selector de Grupo (GSS)

Este subsistema está controlado por TCS. GSS activa, supervisa y libera las conexiones a través del selector de grupo. También se consideran las conexiones tripartitas, así como las llamadas en conferencia, etc.

Subsistema de Telefonía Móvil (MTS)

Cuando se implementa el MTS, la central AXE 10 se convierte en un MSC. Todas las funciones específicas del abonado móvil, las funciones de la red celular, así como también la señalización con las estaciones móviles se manejan por el MTS. Proporciona también los datos necesarios para la señalización MSC, necesarios para el subsistema de señalización por canal común. Las funciones de operación y mantenimiento específicos para el sistema celular también se encuentran implementados en MTS.

Subsistema de Servicios de Abonado (SUS)

Todas las funciones para los servicios de abonado están implementadas en este subsistema.

Subsistema de Operación y Mantenimiento (OMS)

Las funciones generales de operación y mantenimiento del sistema de conmutación están incorporadas en OMS. El subsistema toma medidas apropiadas si ocurre una falla, recopila estadísticas de tráfico, maneja los datos administrativos iniciados por ejemplo, por comando.

Subsistema de Control de Tráfico (TCS)

Este subsistema controla la activación y liberación de las conexiones de voz. Almacena y analiza dígitos recibidos del MTS y TSS, y con base en la información almacenada acerca de las categorías de abonado, rutas, clases de tarifa, etc. decide como será manejada la llamada.

Subsistema de Tasación (CHS)

Este subsistema es usado para la tasación de los abonados móviles. Las llamadas salientes son tasadas normalmente por medio de "toll ticketing". Esto significa que los datos de cada llamada, tales como el número de la parte llamante, la fecha, la hora, duración de la llamada, etc., son grabados y almacenados. El CHS también brinda facilidades para la contabilidad entre el operador celular y el operador PSTN.

Sistema de Procesamiento de Datos, APZ

Los requerimientos de la capacidad del procesador del MSC tienden a crecer más rápido de lo esperado. Hasta ahora, muchas de las predicciones, considerando el número de nuevos abonados móviles en redes celulares, han sido excedidas varias veces.

El proveedor puede ofrecer comúnmente dos diferentes procesadores centrales:

- El procesador central APZ 211 puede utilizarse para centrales de necesidades medianas.

- El procesador central APZ 212 se puede usar para requerimientos extremos, tales como enormes áreas metropolitanas.

Un factor muy importante es que los procesadores son completamente compatibles, de hecho, en la expansión de una aplicación, se puede realizar la conmutación del APZ 211 al APZ 212, sin dejar al sistema fuera de servicio.

El sistema APZ puede ser dividido en los siguientes subsistemas:

- Subsistema de Procesador Central (CPS).
- Subsistema de Procesadores Regionales (RPS).
- Subsistema de Mantenimiento (MAS).
- Subsistema de Entrada / Salida (IOS).

Con subsistemas como alternativa IOS:

- Subsistema de Conmutación Hombre – Máquina (MCS).
- Subsistema de Procesador de Soporte (SPS).
- Subsistema de Conmutación de Datos (DCS).
- Subsistema de Administración de Archivos (FMS).

Subsistema de Procesador Central (CPS)

El CPS consiste de hardware y software. El hardware está formado por un par de procesadores centrales (CPs). El CPS almacena y ejecuta el software del procesador central para el sistema de conmutación, manejando las funciones más complejas. Realiza funciones tales como administración de trabajos, manejo de almacén (memoria), carga y cambio de programas, etc.

Subsistema de Procesador Regional (RPS)

El RPS consiste de hardware y software. El Hardware que se encuentra en el MSC está formado por procesadores regionales (RPs) y terminales de señalización (STCs). El hardware localizado en las estaciones base consiste de procesadores regionales de módulo de extensión (EMRPs) y terminales de señalización (STRs). El software del RP y EMRP almacena y ejecuta el software regional para el sistema de conmutación, son tareas de manejo sencillo, control del ritmo de trabajo, tareas de alta capacidad.

STC y STR manejan la comunicación de datos entre el MSC y la estación base.

Subsistema de Mantenimiento (MAS)

El MAS supervisa la correcta operación del sistema de procesamiento de datos. Localiza fallas de hardware y errores de software, y toma acciones para minimizar los efectos de tales fallas o errores.

Subsistema de Entrada / Salida (IOS) ALT1

Este sistema maneja la comunicación hombre – máquina, por medio de comandos e impresos, así como la entrada y salida de datos en cintas magnéticas, enlaces de datos, cintas de cassettes y la distribución de alarmas hacia el panel visual de alarmas.

1.1.3 Estación Radio Base (BS)

La estación radiobase, o simplemente estación base (BS) está conectada a un MSC por circuitos punto a punto. La estación base maneja la radio comunicación con las estaciones móviles. Funciona principalmente como una estación de relevo para señales de datos y de voz. La estación base también supervisa la calidad de la radio transmisión durante una llamada en progreso por medio del Tono de Supervisión de Audio (SAT) y por la medición de la intensidad de las señales recibidas desde las estaciones móviles. La estación base es un conjunto de equipo para atender a un número de células, normalmente a una célula omnidireccional o a 3 células sectoriales. Ver figura 1-2.

Los siguientes tipos de estación radio base son distribuidos comúnmente por el proveedor:

- RBS 882 para CMS (Cellular Mobile System) 8800.
- RBS 883 para CMS (Cellular Mobile System) 8810.

La estación base comprende principalmente las siguientes unidades funcionales:

- El grupo de canal de radio (RCG).
- Central de interfaz de radio (ERI).
- Alimentación.

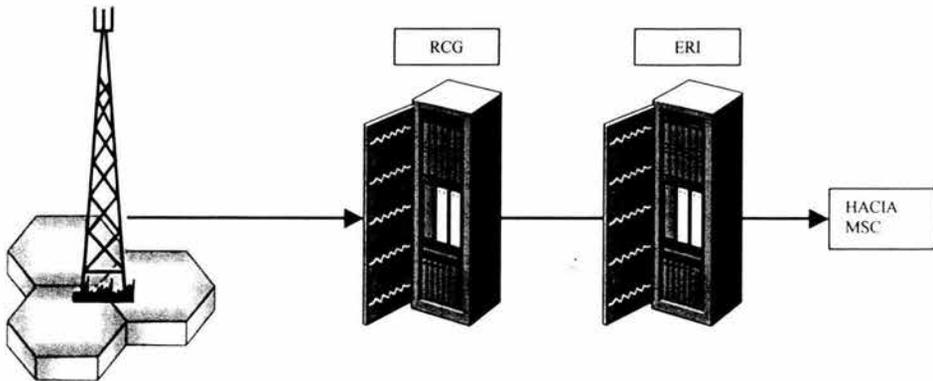


Figura 1-2 Unidades Funcionales de la Estación Base

Central Interfaz de Radio (ERI).

La central interfaz de radio (ERI) funciona como un medio para la señal entre el MSC y la estación base. Así, el equipo recibe datos desde las unidades de canal y envía datos al MSC mediante un enlace de datos MSC – BS dedicado y en la dirección contraria, el equipo recibe datos desde el MSC en el enlace de datos MSC – BS y envía estos datos a la unidad de canal de destino. Dependiendo del modo de transmisión, la velocidad de transmisión del enlace de datos MSC – BS es de 2.4, 4.8 o 9.6 Kbits/s (enlaces analógicos) o 64 Kbits/s (enlaces digitales).

Alimentación

El voltaje de alimentación distribuido en la BS es de 26.4V. Se obtiene principalmente via contenedores AC/DC. En caso de interrupciones importantes de energía, una batería de respaldo proveerá a la estación base de energía por cierto tiempo.

Grupo de Canal de Radio (RCG)

El RCG contiene todo el equipo necesario para manejar la radio comunicación con las estaciones móviles. El RCG comprende el siguiente equipo:

- Unidades de canal.
- Transmisor-Combinador (Tx).
- Receptor (Rx) Multiacoplador (MC).
- Receptor de intensidad de señal (SR).
- Oscilador de referencia.
- Switch de Redundancia del canal de control (CCRS).
- Probador de canal (CT).
- Unidad de monitoreo de potencia (PMU).
- Sistema de antena.

Las unidades de canal para los canales de control y para los canales de voz son idénticas. Cada unidad de canal consiste de un transmisor (Tx), un receptor (Rx), una unidad de control (CU) y un amplificador de potencia (PA) conectado a la salida del Tx. Una de las tres versiones disponibles de amplificadores de potencia se monta durante la instalación:

- 10 W.
- 25 W.
- 50 W.

La potencia de salida determina el tamaño del área de cobertura del canal en cuestión. Para obtener la cobertura requerida, se selecciona una de las unidades de potencia mencionadas anteriormente, pero también se puede realizar un ajuste de la potencia de salida manualmente.

Se pueden conectar hasta 96 unidades de control de diferentes repisas juntas a un RCG. Una estación radio base puede estar formada desde uno hasta varios RCG's.

Las unidades de canal en el mismo RCG pueden ser asignadas por comando desde el MSC a las diferentes células atendidas por la estación base en cuestión. Las células de canal pueden también asignarse en la misma forma para operar como canal de voz, canal de control o como receptor de intensidad de señal. Ver figura 1-3.

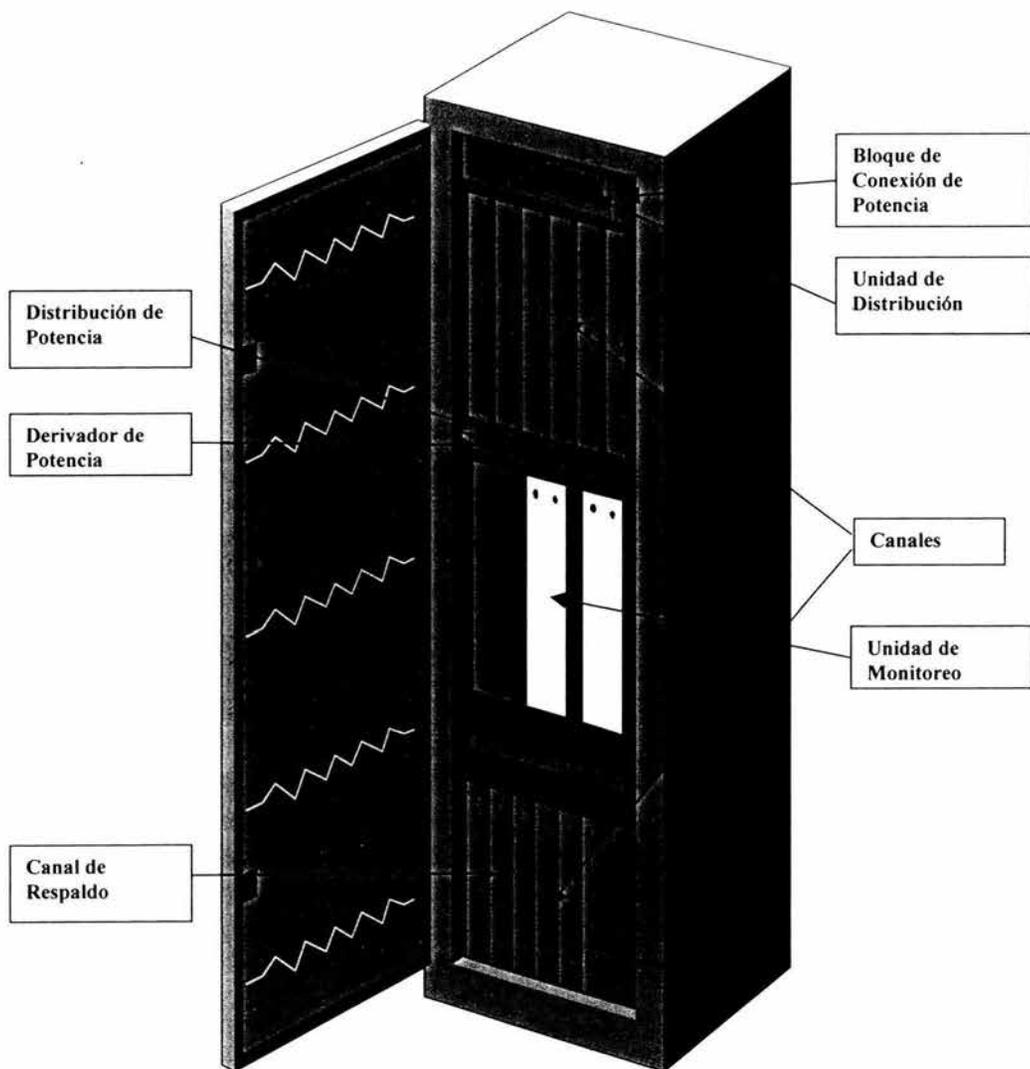


Figura 1-3 Gabinete de Radio (Rack - Repisa)

El Receptor Multiacoplador (MCA y MCB).

Con el multiacoplador, se pueden conectar hasta 48 canales receptores y 2 receptores de intensidad de señal a la misma antena receptora. La ganancia del amplificador multiacoplador es suficiente para eliminar la pérdida de las redes híbridas con alimentación dividida, las cuales distribuyen la señal a los receptores en el sistema. Usa dos etapas de divisores de potencia. Cada paso de división causa una pérdida de 6 dB, la cual es balanceada con la ganancia del amplificador multiacoplador. Los divisores son pasivos y proporcionan un aislamiento mayor de 30 dB entre puertos de salida.

El Receptor de Intensidad de Señal (SR).

Esta implementado en una trama de la unidad de canal. Consiste de un receptor y de una unidad de control. El receptor de intensidad de señal mide la intensidad de las señales recibidas (de las estaciones móviles) en cualquier canal localizado para las células vecinas. Los números de canal relevantes son especificados por el MSC (especificado por comando) y los canales son continuamente supervisados uno por uno y las muestras de las mediciones se almacenan en la unidad de control. Estos resultados son usados por el MSC durante el handoff para determinar cuál llamada en proceso va a ser manejada por la célula en cuestión.

Unidad de Oscilador de Referencia (ROU)

Se usa sólo en el CMS 8810. Este es un oscilador de alta estabilidad, provee una señal de 31, 250 Hz con una estabilidad de frecuencia de 0.25 ppm. Esta señal es distribuida a los generadores de frecuencia en los transmisores (FGTX) y en los receptores (FGRX) en todas las unidades de canal.

Transmisor – Combinador

Se pueden conectar hasta 16 transmisores a una antena común. La función de combinación del transmisor se logra usando los siguientes elementos:

- Un circulador con baja pérdida en la dirección hacia adelante y alta pérdida en dirección opuesta.
- Cavidad de resonancia de alta eficiencia para filtraje, apartado de otras frecuencias.
- Red de estrella de línea de transmisión.

El filtro combinador brinda el efecto de tener sólo un transmisor conectado a la antena a cualquier frecuencia de operación dada.

Probador De Canal (CT)

Realiza pruebas controladas por el operador al equipo MSC. Los resultados de las pruebas se envían al operador vía el enlace de datos.

Unidad de Monitoreo de Potencia (PMU)

Se encarga de supervisar la potencia de salida y la reflejada, y activa una alarma cuando, por ejemplo la potencia reflejada es muy alta. Se conecta a la salida del combinador.

Sistema de Antena

Se pueden emplear varias configuraciones de antenas, dependiendo de la disposición de las células requeridas. Las antenas estándar son, tanto omnidireccionales para células circulares o direccionales para células sectoriales.

Una fuente puntual radia potencia a una proporción uniformemente constante, en todas direcciones. Dicha fuente se llama radiador isotrópico. Un verdadero radiador isotrópico no existe. Sin embargo, se aproxima bastante a una antena omnidireccional¹.

Debido a la diversidad de sistemas, se colocan dos antenas receptoras para cada célula, con 3 a 5mts. De separación. Los receptores están equipados con variaciones de velocidades para reducir la degradación de la calidad de voz, desvanecimiento, debido a la propagación múltiple. La propagación múltiple es un resultado de las reflexiones sobre la trayectoria de transmisión (la misma señal viaja en diferentes direcciones). Ver figura 1-4.

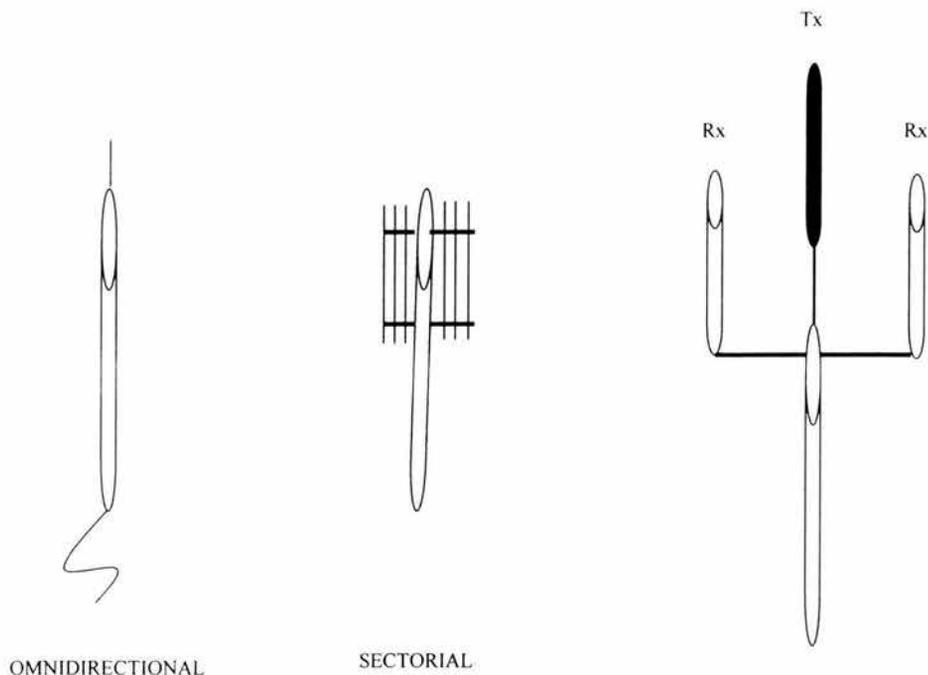


Figura 1-4 Sistema de Antena, con 2 Antenas Receptoras (Rx) y una Antena Transmisora (Tx).

¹ TOMASI, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Pág. 357

Unidad de Control

La unidad de control (CU) está basada en un microprocesador. La unidad de control constituye la parte inteligente de la unidad de canal. Algunas de las funciones realizadas por la CU se listan a continuación:

- Intercambio de mensajes de datos entre el MSC y las estaciones móviles. Los datos hacia la estación móvil se formatean con bits de sincronización y con el patrón de corrección de error (código BCH) y se insertan en el transmisor. Los datos desde la estación móvil (vía el receptor) son detectados y decodificados; y se corrigen los posibles errores antes de enviarlos a el MSC.
- Envío autónomo de algunos mensajes de datos hacia la estación móvil.
- Monitoreo de fallas en el transmisor y en el receptor, así como de otras unidades, como por ejemplo el transmisor – combinador, etc. La información de alarma se envía al MSC vía la emisión de un impreso de alarma.
- Activación del canal. El número de canal que es originalmente recibido desde MSC (iniciado por comando) se usa como entrada al generador de frecuencia.
- Control del transmisor. La función ON/OFF del transmisor es controlada por la CU. Esto se realiza frecuentemente en el caso de los canales de voz.
- Control de tiempos de espera.
- Detección del tono de señalización (ST)
- Generación / Detección del tono de supervisión de audio (SAT). Cuando la voz se está transmitiendo, el SAT es adicionado a la voz procesada en el transmisor. El SAT recibido desde la estación móvil se detecta y la frecuencia se compara con la frecuencia del tono transmitido. La información a la cual la frecuencia del SAT es generada se recibe originalmente desde el MSC (iniciado por comando).
- Medición del ruido. El valor principal del ruido se mide con el objeto de calcular la razón de señal a ruido para el SAT recibido.
- Medición de la intensidad de señal. La intensidad de la señal recibida se mide en el receptor y se evalúa finalmente en la CU.

Canales de Radio

El canal de radio es una trayectoria bidireccional de transmisión de radio entre la estación móvil y la estación base. Un canal usa frecuencias de radio separadas, una para la transmisión de la estación móvil y una para la transmisión de la estación base. Cada canal es llamado canal duplex. La distancia entre estas dos frecuencias, una distancia duplex, es siempre la misma y es de 45 MHz.

La estación móvil tiene solamente un transceiver (Transmisor/ Receptor) el cual es sintonizado a un canal de radio en un tiempo. Sin embargo, puede cambiar de canal automáticamente y sintonizarse a cualquiera de los canales de radio especificados en el sistema. Todos los canales de radio de la misma célula trabajan a diferentes frecuencias.

Existen dos tipos de canales:

- Canales de voz (VC).
- Canales de control (CC).

Canal de Voz

Un canal de voz (VC) será seleccionado (en datos) y será tomado por MSC, durante el procedimiento de establecimiento de una llamada. El canal seleccionado llevará la conversación, cuando la conversación finalice, el canal estará libre para la próxima conversación.

Cuando un canal de voz llega a estar libre, el transmisor de la unidad de canal de voz en la estación base se apaga, cuando un canal de voz es tomado el transmisor es encendido. Estas acciones son ordenadas por el MSC. Los canales de voz en cada célula normalmente son entre 5 y 30.

Aparte de la voz se puede agregar otra información en un canal de voz, como la que sigue:

- Tono de Supervisión de Audio (Sat).

Este tono es usado para la supervisión de la calidad de la transmisión. El Sat se envía siempre que el transmisor de la unidad de voz ha sido iniciado, es decir, es enviado continuamente durante la transmisión de voz. El SAT es enviado desde la unidad de canal de voz en la estación base y regresado en la estación móvil. La frecuencia de el SAT está muy por debajo de las frecuencias de voz, por lo tanto no habrá interferencia.

- Datos.

Los datos son enviados en situaciones específicas, como el el Handoff. Los datos pueden ser enviados por:

- La estación móvil
- El MSC vía la unidad de canal en la estación base
- La Unidad de Canal en la estación base

- Tono de Señalización (ST).

El tono de señalización que sirve como señalización de línea, se envía solo desde el abonado móvil, por ejemplo durante el Handoff.

Canal de Control

Normalmente existe sólo un canal de control (CC) en cada célula. Así, una estación base sirviendo a una célula omnidireccional está equipada con una unidad de canal de control y una estación base sirviendo a tres células sectoriales se equipa con tres unidades de canal de control respectivamente. El canal de control solo es usado para:

- Datos.

Una estación móvil estando en una célula, y sin estado de conversación, está siempre sintonizada a el canal de control de esta célula, supervisando el flujo continuo de datos. El voceo, el cual es una llamada a el abonado móvil, será enviado por este canal.

- Voceo en el canal de control (PC).

Cuando un abonado ha marcado un número para hacer una llamada, la estación móvil envía información de acceso a MSC (vía estación base).

- Acceso en el canal de control (AC).

Puesto que el PC es usado en una dirección y el AC en otra en el mismo canal de voz y acceso combinado (PAC). El lector debe saber que se encuentra muy aparte de otra información enviada en un canal de control, no sólo voz y acceso.

El cambio de canal de control, se da mediante un rastreo automático de todos los canales de control en operación en el sistema celular. Cuando un canal de control con buena calidad de recepción es encontrado, la estación móvil queda sintonizada en este canal hasta que la calidad se deteriora de nuevo. De esta manera todas las estaciones móviles están siempre en contacto con el sistema.

Reuso de Frecuencias

Se refiere al empleo de canales de radio en la misma frecuencia portadora para cubrir diferentes áreas separadas una de otra por una distancia suficiente que evite interferencias entre canales, esta idea permite cubrir una ciudad por medio de células o radiobases.

Las llamadas celulares son recogidas por radiobases celulares localizadas estratégicamente, las cuales dirigen la llamada a una central Telefónica Celular y de ahí a la red Telefónica Pública Conmutada.

Al moverse un vehículo a través del sistema celular, la Central Celular rastrea y transfiere la llamada a una célula adyacente (hand-off). Cada célula puede soportar numerosas comunicaciones simultáneas sobre frecuencias que son reusadas por células distantes. Este reuso de frecuencias permite a una célula sobrecargada dividirse en 2 o más células pequeñas incrementando así su capacidad.

1.2 Bandas del Espectro Radioeléctrico para Sistemas de Comunicación Celular

El espectro de frecuencias es el nombre que recibe una pequeña parte del espectro electromagnético, es decir, el conjunto de radiaciones emitidas por los cuerpos en el universo. Las radiaciones, que con forma de ondas y fotones conforman el espectro electromagnético, incluyen el espectro de luz visible, las radiaciones infrarrojas (por debajo del espectro de luz visible) y las radiaciones ultravioleta (por encima del espectro de luz visible).

La frecuencia de un fenómeno es básicamente el rango de vibración de la fuente de energía que lo emite. Cuando modulamos, es decir, restringimos la emisión dentro de un serie de parámetros de energía dados, podemos utilizar la emisión para enviar señales posibles de ser entendidas por un aparato de recepción de las mismas. Si la frecuencia depende de la combinación de la velocidad de la emisión con la distancia entre los picos de onda, la modulación de la amplitud sería la distancia entre los picos de la frecuencia.

La consecuencia inmediata de la modulación es que la altura máxima del arco de la frecuencia es una función de su frecuencia: a mayor frecuencia, mayor rango de modulación. La amplitud de este espacio modulado, para cada conjunto de señales específicamente diferenciables, se conoce como el ancho de banda, donde banda es el conjunto de frecuencias agrupadas convencionalmente como señales homogéneas.

Dentro del mencionado ancho de banda, también es posible delimitar una serie de canales convencionales de modulación, es decir, de rangos en los que se opta por "encerrar" señales que deben ser básicamente homogéneas, dentro de los cuales podemos diferenciar señales. Básicamente, compartiendo la misma base de frecuencias, dos o más canales pueden existir independientemente del otro.

Es fácil dentro de este modelo entender el concepto, a veces tomado sin mucha reflexión, de canal de emisión. También podemos ver que a mayor frecuencia, mayor posibilidad de modulación, y por lo tanto mayor capacidad de canales. También es posible deducir que a mayor ancho de banda, los canales tendrán un mayor espacio en el cual modular las señales, por lo que la calidad de la señal tenderá a ser mayor. Este es el caso de las radios comerciales, donde la banda de AM (de 560 KHz a 1100 KHz) tiene, para cada canal designado, menor espacio modulable que la banda de FM (88 MHz a 104 MHz), por lo que la calidad de las señales de la segunda banda será mayor que las de la banda AM:

El proceso de utilización de la señal radiante, es decir de la señal enviada a través del espacio, consiste en cuatro pasos básicamente similares para cualquier tipo de transmisión:

1. Añadir las señales que se quieren enviar (audio, video, datos) a una corriente alterna, que se llamará el portador, es decir modular la frecuencia del portador.
2. Generar una onda electromagnética dentro del ancho de banda a ser utilizado para este específico fin (emisión de señal modulada).
3. Recibir la señal modulada y tomar la información reflejada en la modulación, mediante aparatos eléctricos (demodulación del portador).
4. Convertir las señales eléctricas resultantes al formato originalmente creado (audio, video, datos) para su uso final.

En 1980, la FCC decidió dar una licencia a dos portadoras comunes por área de servicio. La idea era eliminar la posibilidad de un monopolio y proporcionar las ventajas que generalmente acompañan un ambiente competitivo. Subsecuentemente, surgieron dos sistemas de distribución de frecuencia, cada uno con su propio grupo de canales, sistema A y sistema B, para compartir el espectro de la frecuencia distribuida. El sistema A se definió para las compañías inalámbricas y el sistema B se definió para las compañías con líneas alámbricas².

² TOMASI, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Pág. 306

1.3 Conceptos Necesarios en un Sistema de Comunicación Celular

1.3.1 Conceptos de Frecuencia

Frecuencia

Una estación móvil se comunica con la estación base por la transmisión de ondas de radio, las cuales consisten de energía electromagnética. La frecuencia de una onda de radio es el número de tiempos que la onda oscila por segundo. La frecuencia es medida en Hertz (Hz), donde 1 Hz indica una oscilación por segundo. La radiofrecuencia es usada para muchas aplicaciones, tales como:

- Televisión: 300 MHz aproximadamente.
- Radio FM: 100 MHz aproximadamente.
- Radio Policía: Depende del país.
- Redes móviles: 300-2000 MHz aproximadamente.

Las frecuencias usadas por la telefonía celular varía de acuerdo al estándar usado. La figura 1-5 muestra las frecuencias usadas por los estándares de telefonía celular.

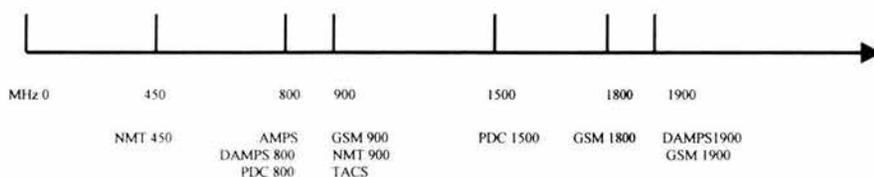


Figura 1-5 Frecuencias para estándares de Telefonía Celular

Longitud de Onda

Existen diferentes tipos de ondas electromagnéticas. Estas ondas electromagnéticas pueden ser descritas por una función senoidal, la cual se caracteriza por una longitud de onda. λ es la longitud de una oscilación completa, medida en metros (m).

La frecuencia y la longitud de onda están relacionados de acuerdo a la velocidad de propagación, el cuál la velocidad de las ondas de radio es igual a la velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/s).

La longitud de onda de una frecuencia puede ser determinada usando la siguiente formula:

$$\text{Longitud de onda} = \text{velocidad} / \text{frecuencia}$$

Por lo tanto, para GSM 900 la longitud de onda es:

$$\text{Longitud de onda} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m / s)} / 900 \text{ MHz}$$

$$\text{Longitud de onda} = 300\,000\,000 \text{ (m/s)} / 900\,000\,000$$

$$\text{Longitud de onda} = 0.33 \text{ m } \text{ ó } 30 \text{ cm}$$

De esta fórmula podemos determinar que cuando tenemos frecuencias altas tenemos longitud de ondas cortas y por el contrario cuando se tienen frecuencias bajas la longitud de onda es grande. Frecuencias bajas con longitud de ondas grandes son idóneas para transmitir sobre distancias largas, porque la señal rebota en la superficie de la tierra y en la atmósfera. Altas frecuencias con longitudes de onda bajas son mejores para transmitir sobre pequeñas distancias, ya que la señal es muy sensible a obstáculos.

Ancho de Banda

Ancho de banda es el término usado para describir la cantidad de rango de frecuencias asignado a una aplicación. El ancho de banda dada a una aplicación depende de la cantidad disponible en el espectro de frecuencias. La cantidad de Ancho de Banda disponible es un importante factor para determinar la capacidad de un sistema móvil, por ejemplo el número de llamadas que puede manejar.

Canal

Otro importante factor para determinar la capacidad de un sistema móvil es el canal. Un canal es el medio por el cual se envía una frecuencia o una serie de frecuencias las cuales pueden ser asignadas para transmitir y recibir información. Las modalidades de comunicación se pueden clasificar en los siguientes tipos:

TIPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Simplex	Solo una dirección	Radio FM, televisión
Half Duplex	Dos direcciones pero una a la vez	Radio Policía
Full Duplex	Dos direcciones, ambas al mismo tiempo	Telefonía Celular

Una comunicación es simplex, tal como una estación de radio FM, que utiliza solo una frecuencia en una sola dirección. Una comunicación Duplex es como la usada en una llamada de telefonía celular, utiliza dos frecuencias: una hacia la terminal móvil y otra desde la terminal móvil. La dirección desde el móvil a la red es referida como *Uplink*. La dirección desde la red hacia al móvil es referida como *Downlink*. Ver figura 1-6.

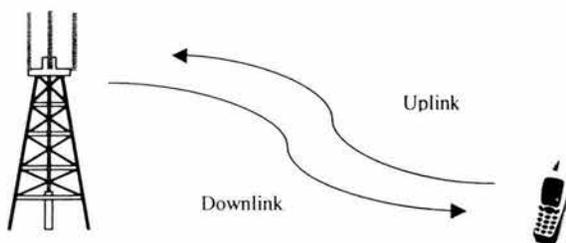


Figura 1-6 Uplink y Downlink en un canal de radio

Distancia Duplex

El uso de la comunicación Full Duplex requiere que el Uplink y Downlink sean separadas en frecuencia por una mínima distancia, la cual es denominada distancia duplex. Si no se aplica la distancia duplex, las frecuencias uplink y downlink se pueden interferir mutuamente. Ver figura 1-7.

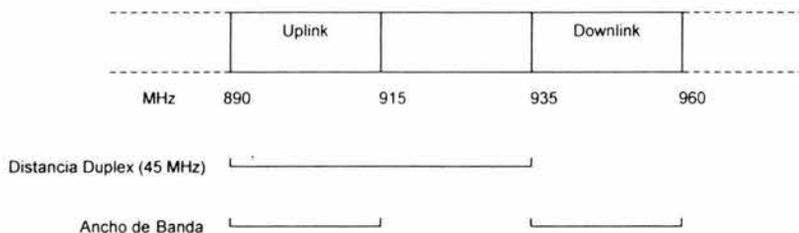


Figura 1-7 Distancia Duplex

Separación de Portadoras

En adición a la distancia duplex, en un sistema de telefonía celular incluye el concepto de separación de portadoras. Esta es la distancia en la banda de frecuencias entre señales adyacentes que transmiten en la misma dirección. Esta separación se requiere para evitar el traslape de información en una señal por la señal adyacente.

La longitud de separación entre dos señales depende de la cantidad de información que será transmitida por ésta. Si el monto de cantidad de información a transmitir es grande, entonces la separación de portadoras también será grande. Ver figura 1-8.

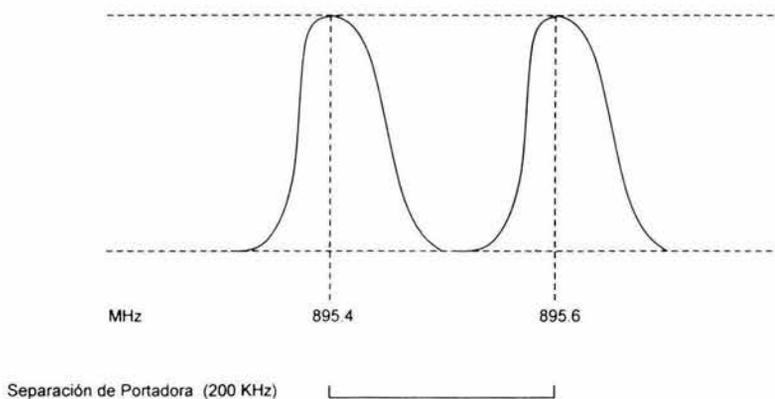


Figura 1-8 Separación de portadoras

Balance de Trayectoria

La cobertura en una trayectoria bidireccional de un sistema de comunicación de radio está decidida por el desvanecimiento de la trayectoria de transmisión. Las expresiones up-link y down-link son usadas para nombrar la comunicación en ambos sentidos.

Las dos direcciones de transmisión deben ser balanceadas para cada elemento hacia las interferencias, y reducir el sistema de acceso y costos extra. El balance de trayectoria puede ser ejecutado para asegurar que las señales up-link y down-link sean las mismas. A futuro, el cálculo del balance de la trayectoria puede tener indicadores diseñados para el sistema en una relación razonable para la disponibilidad de potencia de las estaciones móviles. El balance de trayectoria es relacionado con las llamadas en la frontera.

La siguiente información puede usarse para calcular la trayectoria de la señal entre la RBS y el MS.

- Potencia de salida de la Radio Base.
- Potencia de recepción de la base.
- Potencia de transmisión del móvil.
- Potencia de recepción de la antena.
- Ganancia de la antena base.
- Diversidad de ganancia.
- Pérdidas de propagación
- Pérdidas de combinadores.
- Pérdidas de cableado de transmisión / recepción.
- Ganancia de multiacoplador / ganancia del power splitter.

Tasa de Transmisión

El monto de información transmitido sobre una señal de radio en un periodo tiempo es conocido como la tasa de transmisión. La tasa de transmisión se expresa en bits por segundo ó bits/s. En GSM la tasa de transmisión neta sobre la interfaz de aire es de 270 kbit/s.

1.3.2 Transmisión Analógica y Digital

Introducción a Analógico y Digital

Información Analógica

La información analógica es continua y no contiene valores discretos. Un ejemplo de información analógica es el tiempo, éste es continuo y no se detiene en puntos específicos. Un reloj analógico con segundero no brinca de un segundo al siguiente, continuamente pasa de un segundo al otro sin parar.

Señales Analógicas

Una señal analógica es una onda continua la cuál cambia de acuerdo con las propiedades de la información real. Ver 1-9.

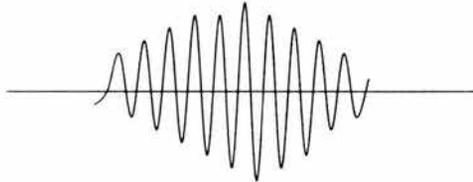


Figura 1-9 Señal Analógica

Información Digital

La información digital es una serie de valores discretos. El tiempo también puede ser representado digitalmente y puede ser representado por un reloj el cual brinca de un minuto al siguiente. Un reloj digital toma una muestra de tiempo en intervalos antes definidos.

Señales Digitales

Una señal digital está conformada por una serie de símbolos, extraídos de un alfabeto finito. Dichos símbolos pueden representarse mediante valores discretos de voltaje.

Para sistemas de telefonía celular, las señales digitales pueden ser consideradas como formas de onda discretas. Ver figura 1-10.



Figura 1-10 Señal Digital

Ventajas de Utilizar Transmisión Digital

La voz es una forma de información analógica, es continua, cambia en frecuencia (altos y bajos tonos) y amplitud.

Todas las señales, analógicas y digitales se distorsionan al viajar. En analógico la única solución a este problema es amplificar la señal. Sin embargo, la distorsión también es amplificada. En digital, la señal puede ser regenerada completamente como la original, sin distorsión, pues sólo hay dos valores (cero y uno). Ver figura 1-11.

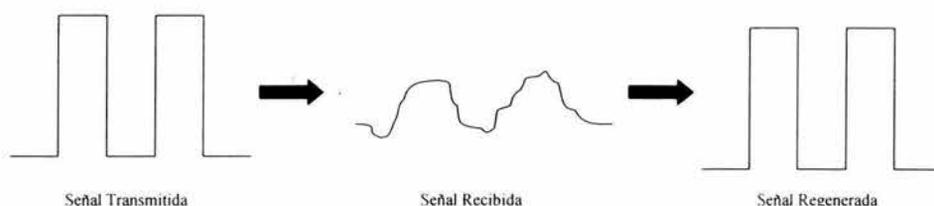


Figura 1-11 Regeneración de Señal Digital

El problema que se presenta cuando se transfiere la información analógica a digital es la pérdida de información debido a la técnica de tomar las muestras. Sin embargo, la mayoría de las muestras son tomadas y los valores digitales representan adecuadamente la información analógica y por otro lado proporcionan mejor calidad de transmisión.

1.3.3 Problemas de Transmisión

Muchos problemas pueden ocurrir durante la transmisión de señales de radio. Algunos de los problemas más comunes se describen a continuación.

Pérdida por Trayectoria ó Distancia

Pérdida de trayectoria ocurre cuando la señal recibida es débil y esto ocurre al incrementarse la distancia entre el móvil y la Radiobase aún si no hay obstáculos entre el transmisor y el receptor. El problema de pérdida por trayectoria rara vez corta llamadas, ya que antes se establece una nueva trayectoria de transmisión a otra Radiobase más cercana.

Shadowing

El Shadowing ocurre cuando existen obstáculos físicos incluyendo cerros, montañas y edificios entre la Radio Base y el Móvil. Los obstáculos crean efectos de shadowing los cuales pueden decrementar la intensidad de señal recibida. Cuando el Móvil se mueve, la intensidad de señal fluctúa dependiendo de los obstáculos entre el Móvil y la Radio Base.

Una señal que ha sido desvanecida varía en intensidad de señal, ver figura 1-12.

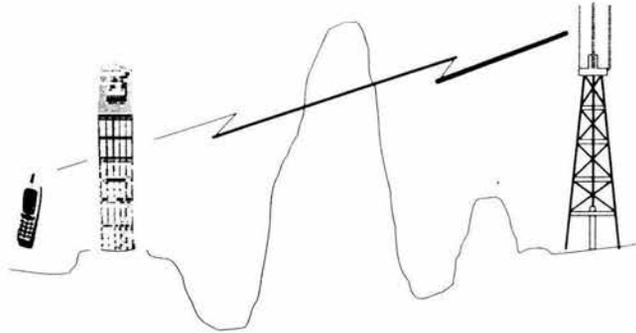


Figura 1-12 Shadowing

Desvanecimiento por Multitrayectoria

El desvanecimiento por multi-trayectoria ocurre cuando existe más de una trayectoria de transmisión hacia el Móvil o hacia la Radio Base, y por lo tanto más de una señal arriba hacia el receptor. Esto puede ser por construcciones como edificios o montañas, existen dos formas de multi-trayectoria estas son: Desvanecimiento Rayleigh y Tiempo de Dispersión.

Desvanecimiento Rayleigh

El desvanecimiento Rayleigh ocurre cuando una señal toma más de una trayectoria entre las antenas del Móvil y la Radio Base. En este caso, la señal no es recibida en una trayectoria de línea de vista directamente desde la antena de transmisión, en otras palabras, la señal es reflejada en construcciones, y es recibida desde varias trayectorias diferentes. El desvanecimiento Rayleigh ocurre cuando los obstáculos están muy cercanos a la antena de recepción. Ver figura 1-13.

La señal de recepción es la suma de muchas señales idénticas que difieren sólo en fase.

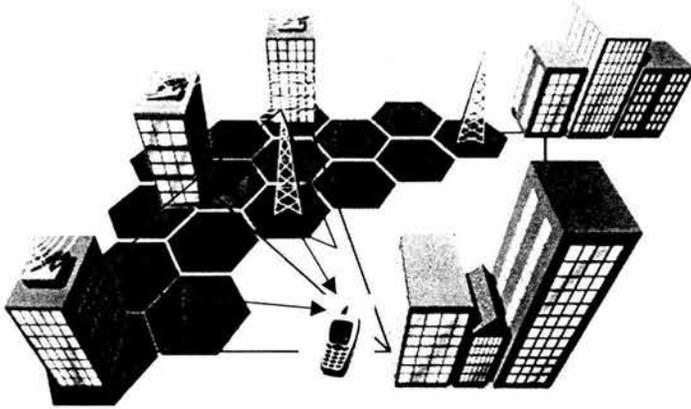


Figura 1-13 Desvanecimiento Rayleigh

Tiempo de Dispersión

El tiempo de dispersión es otro problema relacionado al desvanecimiento por multi-trayectoria, donde la señal reflejada proviene de un objeto distante hacia la antena de recepción.

El tiempo de dispersión causa Inter-Symbol Interference (ISI) donde símbolos consecutivos (bits) se interfieren por el retardo de la señal reflejada, es un problema para el receptor determinar cuál símbolo es el correcto. Un ejemplo de esto se muestra en la figura 10 donde la secuencia 1, 0, 1 se manda desde la Radio Base.

Si la señal reflejada arriba un tiempo de bit después de que llega la señal directa, el receptor detecta un 1 desde la onda reflejada en el mismo tiempo que detecta un 0 desde la onda directa. El símbolo 1 interfiere con el símbolo 0 y el Móvil no sabe que símbolo es el correcto. Ver figura 1-14.

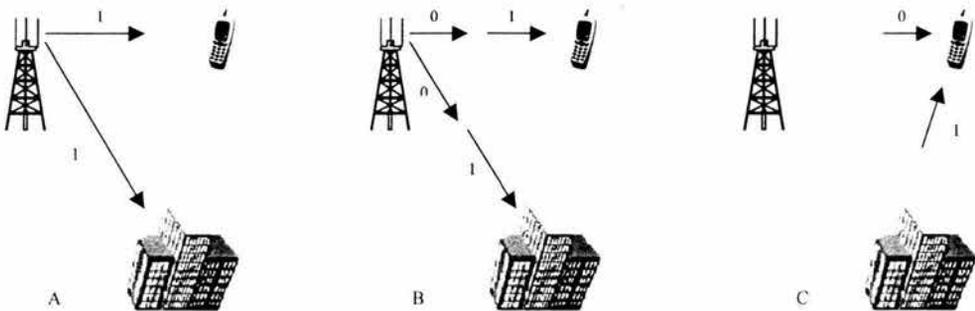


Figura 1-14 Tiempo de Dispersión

Time Alignment

En una llamada a cada móvil se le asigna una ranura de tiempo en una trama TDMA, durante la cuál, el móvil transmite información hacia la Radio Base. La información debe arribar a la Radio Base sincronizada con la ranura de tiempo. El problema del Time Alignment ocurre cuando parte de la información transmitida por el móvil no arriba dentro de la ranura asignada y arriba durante la siguiente ranura de tiempo, y puede interferir con la información de otro móvil que usa otro Time Slot.

Una distancia larga entre el móvil y la Radio Base causa Time Alignment, la señal no podría viajar sobre la distancia larga dentro del Time Slot dado.

Por ejemplo, un móvil A esta cercano a la Radio Base y es asignado al Time Slot 2 (TS 2). Durante la llamada, el móvil se mueve alejándose de la Radio Base causando que la información enviada desde la Radio Base arribe al móvil más tarde. La respuesta desde el móvil también arriba tarde a la RB. El retardo puede ser tan largo que la transmisión desde el móvil en el Time Slot 2 se traslapa con la información la cuál la RB recibe en el Time Slot 3.

1.3.4 Soluciones a Problemas de Transmisión

A continuación se describen algunas soluciones a problemas de transmisión descritos anteriormente. Muchos de estos problemas no se resuelven por completo en la transmisión de radio, estos métodos forman parte de un importante papel en el mantenimiento de la calidad de la llamada.

Código de Canal

En transmisión digital, la calidad de la señal transmitida es a menudo expresada en términos de cuantos de los bits recibidos son incorrectos. Esto es conocido como Bit Error Rate (BER). El BER define el porcentaje de el número total de bits recibidos los cuales son detectados incorrectos. Ejemplo.

Bits Transmitidos	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
Bits Recibidos	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Errores		↑					↑	↑		
										3 / 10 = 30% BER

Este porcentaje podría ser tan bajo como sea posible. No es posible reducir el porcentaje a cero porque la trayectoria de transmisión está constantemente cambiando. De esta manera se debe establecer un límite permitido para un cierto monto de errores y al mismo tiempo habilidad para restaurar la información.

El código de canal se usa para detectar y corregir errores en una trayectoria de bits recibidos, esto suma bits a un mensaje. Estos bits habilitan un decodificador de canal para determinar si el mensaje tiene bits erróneos y poder corregirlos.

Interleaving

En la realidad, los bits erróneos a menudo ocurren en secuencia, a causa del desvanecimiento de la señal, afectando severamente los bits consecutivos. El código de canal es más efectivo en

detectar y corregir errores individuales y secuencias cortas de errores, por lo tanto, este método no es efectivo para secuencias largas de errores.

Por la razón anterior, un proceso llamado interleaving se usa para separar bits consecutivos de un mensaje, así que estos no son transmitidos en un camino consecutivo.

Por ejemplo, un block de mensaje puede consistir de cuatro bits (1234). Si cuatro bloques de mensaje deben ser transmitidos, y uno es perdido en la transmisión, sin interleaving hay un 25 % de BER total, pero 100 % de BER en el block de mensaje. No es posible recuperar el bloque. Ver figura 1-15.

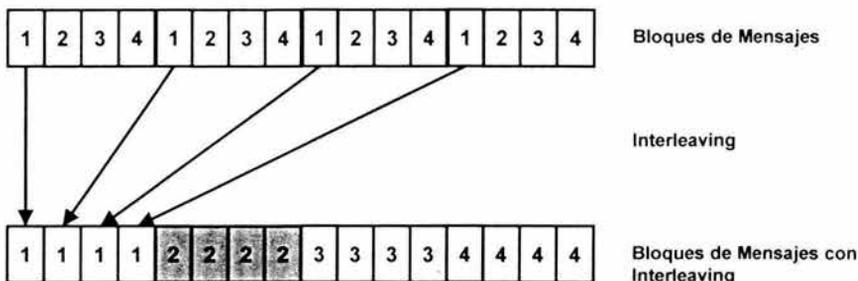


Figura 1-15 Interleaving

Si se usa el interleaving, como se muestra en la figura 1-16, los bits de cada bloque pueden ser enviados de una forma no consecutiva. Si se pierde un bloque en la transmisión, nuevamente existe un 25 % de BER total, sin embargo esta vez el 25 % se distribuye a lo largo de todos los bloques, proporcionando un 25 % de BER para cada bloque. Estos bloques son más manejables y existe una gran posibilidad que el código de canal pueda corregir los errores.

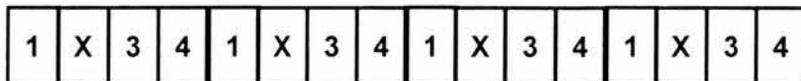


Figura 1-16 Bloques de Mensajes Recibidos con Interleaving

Diversidad de Antenas

La diversidad de antenas incrementa la intensidad de señal recibida por las ventajas de las propiedades de las ondas de radio. Existen dos métodos de diversidad: diversidad de espacio y polarización.

Diversidad de Espacio

Un incremento en la intensidad de señal recibida en la Radio Base se puede lograr montando dos antenas receptoras en lugar de una. Si las dos antenas receptoras son físicamente separadas, la probabilidad que ambos sean afectados por un gran desvanecimiento en el mismo

tiempo es baja. En 900 MHz, es posible alcanzar una ganancia de 3 dB con una distancia de cinco a seis metros entre las antenas. En 1800 MHz la distancia entre antenas puede ser más corta, ya que la longitud de onda es más pequeña.

El impacto del desvanecimiento de la señal recibida puede reducirse, escogiendo lo mejor de cada señal. La diversidad de espacio ofrece una ligera mejora en ganancia que la diversidad de polarización, pero requiere más espacio.

Diversidad de Polarización

Con la diversidad de polarización las dos antenas de diversidad de espacio son remplazadas por una antena de polarización dual. Esta antena tiene un tamaño normal pero contiene dos diferentes arreglos de antenas con distinta polaridad. Los tipos de arreglos más comunes son vertical / horizontal y arreglos con orientación de ± 45 grados de inclinación. Los dos arreglos son conectados a la respectiva rama de Rx en la Radio Base. Los dos arreglos también pueden ser usados como combinación de antenas Tx/Rx. La ventaja de la diversidad de polarización sobre la diversidad de espacio es que se reduce el espacio requerido por la antena.

1.4 Planeación Celular

1.4.1 Célula

Una célula puede definirse como el área de cobertura de Radiofrecuencia que proporciona una Radio Base a través de un sistema de antenas. Típicamente, las células son representadas gráficamente por hexágonos.

Existen dos principales tipos de célula:

- **Célula Omni direccional:** Una Radio Base proporciona una célula omni direccional a través de una antena, la cuál transmite de igual manera en todas direcciones (360 grados).
- **Célula Sectorial:** Una célula sectorial es el área sectorial de cobertura que proporciona una antena, la cuál transmite en una sola dirección. Por ejemplo, esta puede ser igual a 120 grados ó 180 grados de una equivalente célula omni-direccional. Una Radio Base puede proporcionar una de estas células, pero lo más conveniente es de que la Radio Base proporcione tres células sectoriales.

Típicamente, las células omni direccionales se emplean en coberturas grandes, mientras que las células sectoriales se utilizan para mayor capacidad. Ver figura 1-17.

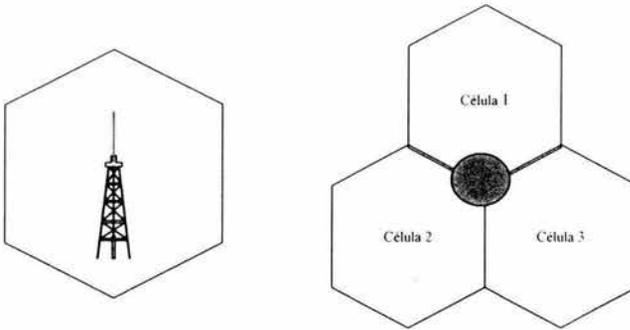


Figura 1-17 Célula Omni-direccional y sectorial

El borde entre el área de cobertura de dos células es la línea en la cuál la intensidad de señal desde ambas antenas es la misma. Realmente el medio puede determinar esta línea.

Si seis Radio Beses son puestas alrededor de una Radio Base, el área de cobertura toma una forma de hexágono, ver figura 1-18.

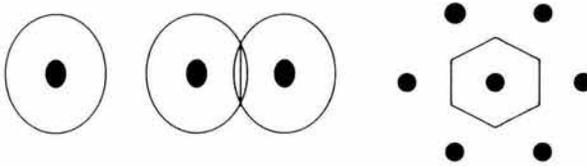


Figura 1-18 Borde entre Células Omni-direccionales

1.4.2 Introducción a la Planeación Celular

La planeación celular se define como todas las actividades para determinar los posibles sitios que podrían ser usados para instalar equipo de radiofrecuencia, que equipo de radio es factible, y como el equipo podría ser configurado³. Toda red celular necesita una planeación para asegurar cobertura y evitar interferencia. Las actividades relacionadas en el proceso de Planeación Celular se muestran en la figura 1-19.

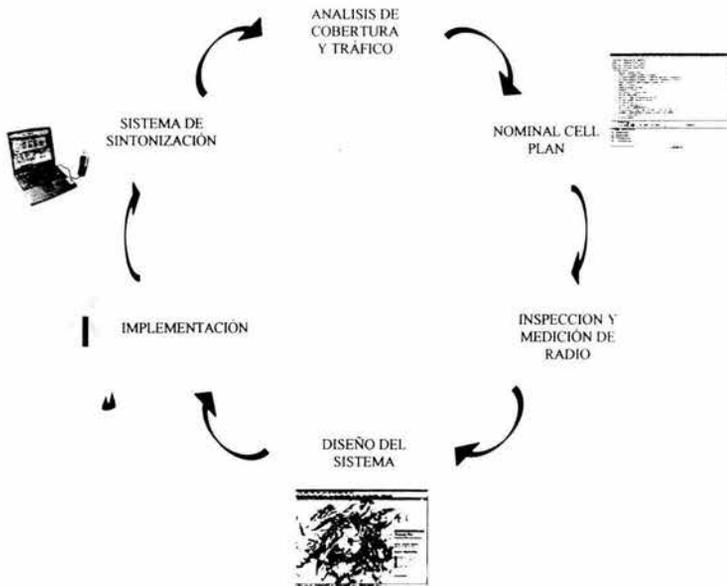


Figura 1-19 Proceso de Planeación Celular

A continuación se describen los pasos requeridos para el desarrollo y planeación de un sistema celular.

Análisis de Cobertura y Tráfico

El proceso de planeación celular inicia con el análisis de cobertura y tráfico. El análisis produce información acerca del área geográfica y la necesidad de capacidad. Los tipos de datos colectados son:

- Costo.
- Capacidad.
- Cobertura.
- Grado de Servicio (GoS).
- Disponibilidad de Frecuencias.

³ ERICSSON. *GSM Cell Planning Principles*. Pág. 2-5

- Índice de Calidad de Llamada.
- Requerimientos de Hardware.
- Consideraciones únicas ó especiales.

La demanda de tráfico proporciona las bases para la ingeniería celular. Los usuarios usan la red y generan tráfico. El Erlang (E) es una unidad de medición de intensidad tráfico. Esto puede ser calculado con la siguiente formula:

$$A = n * T / 3600 \text{ Erlang}$$

Donde:

A = Tráfico cursado desde uno ó mas usuarios en el sistema

n = Número de llamadas por hora

T = Promedio de tiempo de llamada en segundos

La distribución geográfica de la demanda de tráfico puede calcularse usando datos demográficos tales como:

- Distribución de Población
- Distribución del uso de automóviles
- Distribución de nivel de ingresos
- Estadísticas del uso del teléfono
- Otros factores tales como cargos de llamadas, cargos de suscripción y precio de estaciones móviles.

Cálculo del número de BTS's requeridas

Para determinar el número y equipamiento de BTS's, es necesario conocer el número de subscriptores y el Grado de Servicio (GoS). El GoS es el porcentaje de llamadas rechazadas permitidas por gestión del sistema y define la calidad de servicio.

Si $n = 1$ y $T = 90$ seg. Entonces el tráfico por subscriptor es:

$$A = 1 * 90 / 3600 = 25 \text{ mE}$$

Si los siguientes datos existen de una red:

- Número de subscriptores: 10000.
- Frecuencias disponibles: 24.
- Cell pattern: 4/12.
- GoS: 2%.
- Tráfico por subscriptor: 25 mE.

Estos datos nos llevan a los siguientes cálculos:

- Frecuencias por celda: $24 / 12 = 2$.
- Canales de tráfico por célula: $2 * 8 - 2$ (canales de control) = 14.
- Tráfico por célula: 14 Canales de tráfico con 2% de GoS implica 8.2 Erlangs por célula Ver la tabla 2-1.
- El número de subscriptores por célula: $8.2 \text{ E} / 25 \text{ mE} = 328$ subscriptores por célula.
- Si hay 10000 subscriptores entonces el número de células necesarias es:
 $10000 / 328 = 30$ células.
- Por lo tanto el número de sitios de tres sectores es: $30 / 3 = 10$.

n	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	n
1	00705	.00806	.00908	01010	.02041	.03093	05263	.11111	25000	66667	1
2	12600	.13532	14416	15259	.22347	28155	38132	59543	10000	20000	2
3	.39664	.41757	43711	45549	.60221	71513	89940	12708	19299	34798	3
4	77729	.81029	84085	86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1154	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.6171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32

Tabla 1-1 Tabla de Erlangs

Nominal Cell Plan

Después de compilar los datos recibidos del análisis de tráfico y cobertura, se obtiene un nominal cell plan. El nominal cell plan es una representación gráfica de la red y muestra el patrón de la célula en un mapa. El nominal cell plan son los primeros pasos de la planeación celular y forman las bases para el proyecto de planeación.

El proceso de planeación consiste de la recolección de datos. Los datos incluyen estadísticas, mapas, requerimientos de servicio al cliente y otra información que se obtiene a través de entrevistas y cálculos. A continuación se definen algunas de los datos requeridos para la planeación de sitio.

- Predicciones de cobertura.
- Síntesis de cobertura.
- Predicciones de interferencia por co-canal.
- Predicciones de interferencia por canal adyacente.

Inspección y Medición de Radio

Una vez que el Nominal cell plan fue producido, las predicciones de cobertura e interferencia tienen que ser verificadas severamente. Ahora es el momento de visitar los sitios donde el equipamiento de radio podría ser instalado y realizar mediciones de radio, lo siguiente se inspeccionaría de cada sitio.

- Ubicación exacta.
- Espacio para equipamiento incluyendo antenas.
- Trayectoria de cables.
- Facilidad de fuerza de alimentación.
- Contrato con el dueño del sitio.

Adicionalmente, la radiofrecuencia debe ser inspeccionada para asegurar que no exista equipo de radio externo que nos cause problemas de interferencia.

Las mediciones de radio son desempeñadas para ajustar parámetros con herramientas de planeación. Estos ajustes son realizados para encontrar los requerimientos específicos de clima y terreno de los sitios en cuestión. Por ejemplo, los parámetros usados en sitios con clima cálido podrían diferir con los parámetros de sitios con clima frío.

Se debe realizar pruebas de campo de medición de la intensidad de señal alrededor del sitio, después comparar los resultados de estas mediciones con los valores producidos por las herramientas de planeación con el objetivo de ajustar las mediciones actuales con las teóricas.

Diseño del Sistema

Una vez ajustados los parámetros de planeación, análisis de dimensión de Radio bases, Trx así como MSC/VLR, se concluye la planeación celular y esto nos lleva a la instalación del sistema. Las predicciones de interferencia y de nuevas coberturas son establecidas en esta etapa, y los resultados de parámetros de cada celda se registran en documentos de Cell Design Data (CDD).

Sistema de Implementación y Sintonización

Una vez que el sistema fue instalado, este debe ser continuamente monitoreado para determinar la demanda. Esto es denominado sistema de sintonización y comprende los siguientes puntos:

- Constatar que la planeación celular final fue implementada exitosamente.
- Evaluación de quejas de usuarios.
- Inspeccionar que el desempeño de la red es aceptable.
- El cambio de parámetros y el ingreso de otras mediciones, si son necesarios.

Crecimiento / Cambio de Sistema

La planeación celular es un proceso en curso. Si la red necesita ser expandida por el incremento de tráfico ó por el cambio de las condiciones del ambiente de radio (por ejemplo una nueva construcción de edificios), el operador del sistema debe de ejecutar el proceso de planeación celular nuevamente e iniciar con un nuevo análisis de cobertura y de tráfico.

CAPÍTULO 2

Tecnología GSM

2.1 Especificaciones y Fases de la Tecnología GSM

2.1.1 Especificaciones GSM

GSM fue diseñado para ser una plataforma independiente. Las especificaciones de GSM no especifican los requerimientos de Hardware, pero en su lugar especifican las funciones e interfaces de red en detalle. Esto permite diseñar los elementos de Hardware para proporcionar la funcionalidad requerida, y al mismo tiempo proveer el equipo a operadores desde diferentes provisiones.

Las recomendaciones GSM consisten de doce series las cuales se listan en la tabla 2-1. Estas series fueron escritas por diferentes grupos de expertos de trabajo. Se estableció un núcleo permanente para coordinar las partes de trabajo y para administrar la edición de las recomendaciones. Todos estos grupos fueron organizados por el ETSI.

Series	Contenido
01	General
02	Aspectos de Servicio: tarifas y billing Internacional
03	Aspectos de Red: ruteo, handover, planeación de la red
04	Interfase y protocolos entre MS y BSS
05	Capa Física en la trayectoria de Radio: sincronización
06	Especificación de velocidad de codificación
07	Adaptación de equipo terminal y tasas de transmisión
08	Interfase entre BSS y MSC
09	Red Interworking
10	Servicio Interworking
11	Equipamiento y especificaciones aprobadas
12	Operación y Mantenimiento del sistema GSM ⁴

Tabla 2-1 Recomendaciones de GSM

⁴ WALKE, Bernhard. *MOBILE RADIO NETWORKS Networking, Protocols and Traffic Performance*. Pág. 123

La sección de GSM 1800 se redactó como una parte delta dentro de las recomendaciones GSM, describiendo solo estas diferencias entre GSM 900 y GSM 1800. GSM 1900 está basado en GSM 1800 y ha sido adaptado al estándar de American National Standards Institute (ANSI).

2.1.2 Fases GSM

En los años 1980s, los grupos involucrados en el desarrollo del estándar GSM se percataron que dentro del tiempo dado no podrían completar las especificaciones para el rango entero de servicios y características GSM como originalmente fue planeado. Debido a lo anterior, se decidió que GSM podría ser liberado en etapas con la Fase 1 consistiendo de un limitado set de servicios y características. Cada nueva etapa construida con base en los servicios ofrecidos por las fases existentes.

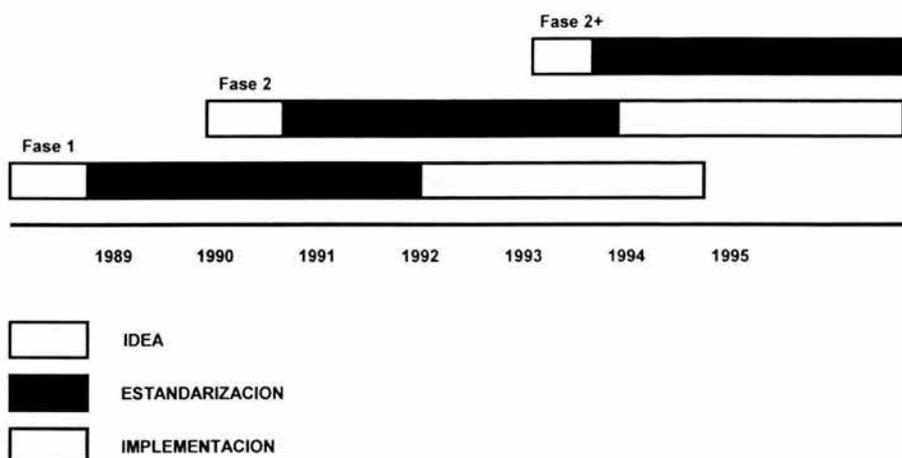


Figura 2-1 Fases GSM

Fase 1

La fase 1 contiene los servicios mas comunes, incluyendo:

- Telefonía de voz.
- Roaming Internacional.
- Fax básico / Servicios de datos (9.6 kbits/s).
- Llamada Forwarding.
- Llamada Barring.
- Servicio de Mensajes Cortos (SMS).

La fase 1 también incorpora características tales como ciphering y tarjetas Subscriber Identity Module (SIM). Las especificaciones de la fase 1 fueron cerradas y no pueden ser modificadas.

Fase 2

Características adicionales fueron introducidas en la fase 2 de GSM, incluyendo:

- Advice of charge.
- Llamada en espera.
- Llamada Hold.
- Conferencia de Llamadas.
- Grupos de usuarios cerrados.
- Identificación de línea de llamada.
- Adicionales capacidades de comunicaciones de datos.

Fase 2+

Los grupos de estandarización comenzaron la definición de la siguiente fase, 2+. El programa de fase 2+ podría cobrar un gran número de subscriptores y una variedad de características orientadas a negocios.

Algunos de los aumentos ofrecidos por la fase 2+ incluyen:

- Planes de numeración privada.
- Acceso a servicios Centres.
- Perfiles de servicios múltiples.
- Interworking con GSM 1800, GSM 1900 y el estándar Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT).

Las prioridades y programas para nuevas características y funciones dependen primordialmente del interés mostrado por las compañías operadoras, manufactureras y desarrolladores técnicos en áreas afines.

2.2 Componentes de la Red GSM

2.2.1 Sistemas de GSM

La red GSM está dividida en dos sistemas. Cada uno de estos sistemas está compuesto de un número de unidades funcionales, los cuales son componentes individuales de la red móvil.

Los dos sistemas son:

- Sistema de Switcheo (SS).
- Sistema de Estación Base (BSS).

Adicionalmente, como todas las redes de telecomunicaciones, la red GSM es operada, mantenida y administrada desde centros computarizados.

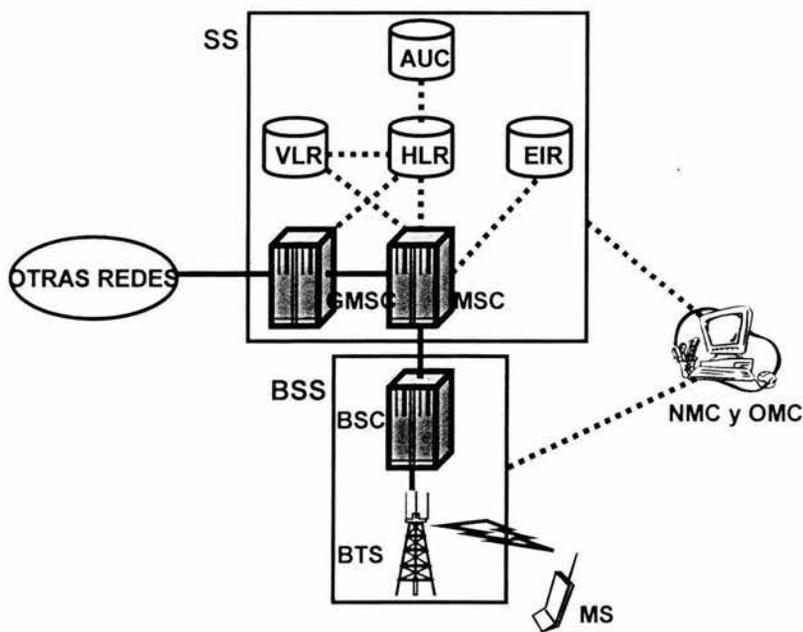


Figura 2-2 Modelo del Sistema GSM

El Sistema de Switching (SS) es el responsable de desempeñar el proceso de la llamada y funciones relacionadas a los suscriptores. El SS incluye las siguientes unidades funcionales:

- Centro de Switching de Servicios Móviles (MSC).
- Registro de Locación de Casa (HLR).
- Registro de Locación Visitante (VLR).
- Centro de Autenticación (AUC).
- Registro de Identidad de Equipamiento (EIR).

El Sistema de Estación Base (BSS) desempeña todas las funciones relacionadas con la Radiofrecuencia. EL BSS comprende de las siguientes unidades funcionales:

- La Controladora de la Estación Base (BSC)
- La Estación Base de Transceivers (BTS)

El OMS desempeña todas las tareas de operación y mantenimiento para la red tales como monitoreo del tráfico de la red y alarmas de la red. El OMC tiene acceso a ambos el SS y al BSS.

La Estación Móvil (MS) no pertenece a alguno de estos sistemas.

2.2.2 Componentes del Sistema de Switcheo

Centro de Switcheo de Servicios Móviles (MSC)

El MSC desempeña funciones de switcheo telefónico para la red móvil. Controla llamadas hacia y desde otros sistemas de datos y de telefonía, tales como el Public Switched Telephone Network (PSTN), Integrated Services Digital Network (ISDN), redes de datos públicos, redes privadas y otras redes móviles.

Funcionalidad del Gateway

La funcionalidad del Gateway habilita al MSC para interrogar a un HLR de la red en orden para rutear una llamada a un MS. Tal que un MSC es denominado un Gateway MSC (GMSC). Por ejemplo, si una persona conectada a la PSTN quiere realizar una llamada hacia un suscriptor móvil GSM, entonces la central PSTN accederá a la red GSM primeramente conectando la llamada a un GMSC. Lo mismo se cumple de una llamada desde un MS a otro MS.

Un MSC en la red móvil puede funcionar como un gateway con la integración del apropiado software.

Registro de Localización de Casa (HLR)

El HLR es una base de datos centralizada que almacena y administra todos los suscriptores móviles que pertenecen a un operador específico. El HLR actúa como un almacén permanente de información de la subscripción de una persona hasta que la subscripción es cancelada. La información almacenada incluye:

- Identidad del suscriptor.
- Servicios suplementarios del suscriptor.
- Información de localidad del suscriptor.
- Información de autenticación del suscriptor.

El HLR puede ser implementado en el mismo nodo de red con el MSC o como una base de datos Stand-Alone. Si la capacidad de un HLR es excedida por el número de suscriptores, un HLR adicional puede ser adherido.

Registro de Localización Visitante (VLR)

La base de datos del VLR contiene información acerca de todos los suscriptores móviles que actualmente se encuentran localizados en un área de servicio del MSC. De tal manera que hay un VLR para cada MSC en una red. El VLR almacena temporalmente información de subscripción, así que el MSC puede servir a todos los suscriptores que actualmente visitan el área de servicio del MSC. El VLR puede ser considerado como un distribuidor del HLR como contenedor de una copia de la información almacenada en el HLR acerca del suscriptor.

Cuando un suscriptor se encuentra en roaming dentro de una nueva área de servicio del MSC, el VLR conectado a el MSC solicita información acerca del suscriptor desde el HLR del suscriptor. El HLR manda una copia de la información a el VLR y actualiza la información de localidad del suscriptor. Cuando el suscriptor realiza una llamada, el VLR ya tiene la información requerida para iniciar la llamada.

Centro de Autenticación (AUC)

La principal función del AUC es para autenticar los suscriptores que intentan usar la red. En este sentido, esto se usa para proteger la red en contra de operaciones de fraude. El AUC es una base de datos conectada a el HLR el cual proporciona parámetros de autenticación y llaves de cifring usados para complementar la seguridad de la red.

Registro de Identidad de Equipo (EIR)

El EIR es una base de datos que contiene información de la identidad del equipamiento móvil, el cual ayuda a bloquear llamadas realizadas desde móviles robados, no autorizados ó defectuosos. Se debe notar que debido a la separación de suscriptor y equipo en GSM, el barrido del equipo móvil no resulta en automático la excepción de un suscriptor.

2.2.3 Componentes del Sistema Estación Base (BSS)

Controladora de la Estación Base (BSC)

La BSC administra todas las funciones relacionadas con Radiofrecuencia de una red GSM. Esto es alta capacidad de switcheo que proporciona funciones tales como handover del MS, asignación de canal de radio y la colección de datos de configuración de células. Un número de BSCs puede ser controlado por cada MSC.

Estación Base de Transceivers BTS

La BTS controla la interfase de radio hacia la Estación Móvil. La BTS consta de equipamiento de radio tal como transceivers y antenas, los cuales son necesarios para atender a cada célula en la red. Un grupo de BTSs son controlados por una BSC.

2.2.4 Centros de Monitoreo de la Red

Centro de Operación y Mantenimiento (OMC)

Un OMC es un centro de monitoreo computarizado el cual se conecta a otros componentes de la red tales como MSCs y BSCs vía enlaces de red de datos X.25. En el OMC, los trabajos son presentados con información acerca del estado de la red y se puede monitorear y controlar una variedad de parámetros de sistema. Pueden existir uno o varios OMCs dentro de la red dependiendo del tamaño de la red.

Centro de Administración de la Red (NMC)

El control centralizado de una red se realiza en el Centro de Administración de la Red (NMC). Solo un NMC se requiere para una red y este controla los subordinados OMCs. La ventaja de esta jerarquía es que el staff en el NMC puede concentrar los resultados en un largo periodo de todo el sistema, mientras que el personal local de cada OMC puede concentrar los resultados regionales en un periodo corto.

Funcionalmente el OMC y NMC pueden combinarse en el mismo nodo de la red física o pueden instalarse en diferentes localidades.

2.2.5 Estación Móvil (MS)

Un suscriptor móvil utiliza una estación móvil para comunicarse con la red móvil. Existen varios tipos de MSs, que permiten al suscriptor realizar y recibir llamadas.

Fabricantes de MSs ofrecen una variedad de diseños y características para satisfacer las necesidades de los diferentes mercados.

El rango ó área de cobertura de un MS depende de la salida de potencia del MS. Los diferentes tipos de MSs tienen diferentes capacidades de potencia de salida y consecuentemente diferentes rangos. Por ejemplo, un MS Hand-Held tiene menor potencia de salida y rango corto que un MS instalado en un automóvil con antena montada en el techo, ver figura 2-3.

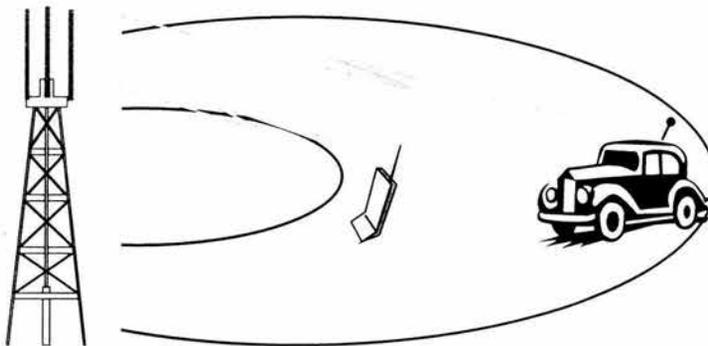


Figura 2-3 Rangos de cobertura para diferentes tipos de MSs

La Estación Móvil GSM consiste de:

- Terminal Móvil
- Módulo de Identidad de Suscriptor (SIM)

A diferencia de otros estándares, en GSM el suscriptor es independiente de la terminal móvil. Cada información de suscriptor se almacena en una "tarjeta inteligente" SIM. La SIM se puede colocar dentro de una terminal móvil GSM. Esto tiene ventajas de seguridad y portabilidad para los suscriptores. Por ejemplo, si la terminal móvil del suscriptor A es robada, la SIM Card del suscriptor A se puede utilizar en la terminal móvil de otra persona y la llamada será cargada al suscriptor A.

Los números e identidades son asignados para la administración de cada estación móvil dentro de una red GSM:

- International Mobile Subscriber Identity (IMSI).

- Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI).
- Mobile Station International ISDN Number (MSISDN).
- Mobile Station Roaming Number (MSRN)⁵.

Las Estaciones Móviles pueden ser instaladas en automóviles o pueden ser dispositivos hand-portables.

2.3 Interfases en el Sistema GSM

2.3.1 Interfase A MSC-BSC

Voz y datos son transmitidos digitalmente en la interfase A, sobre tasa primaria PR (PCM-30) sistemas basados en el estándar ISDN (ITU-T Series G.732). Un sistema PCM-30 tiene 30 canales full-duplex a 64 kbit/seg con una tasa de transmisión de 2.048 Mbit/seg full-duplex. Dos canales cada uno con 64 kbit/seg se requieren para sincronía y señalización⁶.

2.3.2 Interfase Abis BSC-BTS

La transmisión sobre la interfase Abis se basa en interfases ISDN, tasa primaria (PR) y tasa básica (BR).

Operadores de redes PLMN y en general operadores de redes de telecomunicaciones, utilizan una técnica de submultiplexaje que transmite cuatro canales de 16kbits/s sobre un canal (BR) de 64 kbits/s para disminuir costos de línea⁷.

2.3.3 Interfase de Radio Um

La interfase de Radio Um (también denominada interfase de aire) se localiza entre la Estación Móvil y el resto de la red GSM. Físicamente la información fluye entre la Estación Móvil y la BTS. Pero lógicamente las Estaciones Móviles se comunican con la BSC y la MSC.

Las principales características de la interfase Um son:

- Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) con 8 slots/portadora.
- 124 portadoras de radio en un par de bandas (890 a 915 Mhz del Móvil a la Estación Base, 935 a 960 Mhz de la Estación Base al Móvil y un espacio de 200 Khz entre portadoras).
- 270.833 kbit/seg por portadora.
- Modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) con un producto de ancho de banda BT=0.3.
- Frequency Hopping (217 saltos/seg.).
- Compensación de sincronización de hasta 233 μ seg de retardo absoluto.
- Ecuilización de hasta 16 μ seg de tiempo de dispersión.
- Control de Potencia en Downlink.
- Transmisión y Recepción Discontinua.
- Interleaving para combatir perturbaciones del canal (tasa absoluta del canal 22.8 kbit/seg).
- Canal full rate a 13 kbit/seg.
- Canal half rate a 6.5 kbit/seg

⁵ WALKE, Bernhard. *MOBILE RADIO NETWORKS Networking, Protocols and Traffic Performance*. Pág. 126

⁶ Ibidem. Pág. 138

⁷ Idem.

- Absoluto full rate del canal 22.8 kbit/seg.

El sub-sistema de radio es la capa física del enlace entre móviles y estaciones base. Cada célula puede tener desde 1 a 16 pares de portadoras y cada portadora se multiplexa dentro de 8 ranuras⁸.

2.4 Estructura Geográfica de la Red GSM

Cada red telefónica necesita una estructura específica para rutear llamadas incoming a la central correcta y por lo tanto al suscriptor. En una red móvil, esta estructura es muy importante porque los suscriptores son móviles. Como los suscriptores son móviles a través de la red, estas estructuras se utilizan para monitorear su ubicación.

2.4.1 Célula

Una célula es la unidad básica de un sistema celular y se define como el área de radio de cobertura dado por un sistema de antenas de una Estación Base (BS). A cada célula se le asigna un número único denominado Identidad Global de Célula (CGI). En una red completa cubriendo un país entero, el número de células puede ser muy alto

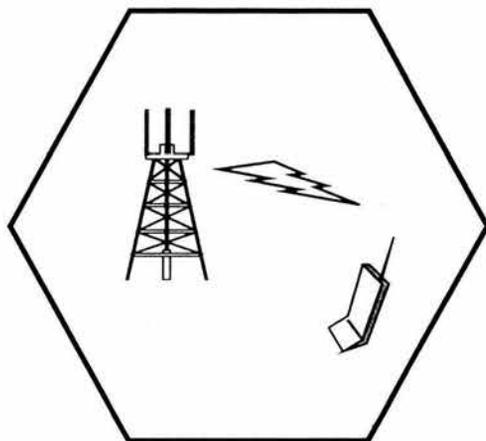


Figura 2-4 Célula

2.4.2 Área de Localización (LA)

Un área de localización (LA) se define como un grupo de células. Dentro de la red, la localización de un suscriptor es conocida por el área en la cuál el suscriptor está dentro del LA. La identidad de la LA en la cuál un MS está actualmente localizado se almacena en el VLR.

Cuando un MS cruza una frontera desde una célula perteneciente a una LA hacia una célula perteneciente a otra LA, éste debe de reportar su nueva localización dentro de la red. Cuando un

⁸ DUNLOP, John. *Digital Mobile Communications and the TETRA System*. Pág. 58

MS cruza el borde de una célula dentro de una LA, éste necesita reportar esta nueva localización a la red. Cuando hay una llamada para un MS, un mensaje de voceo se transmite a todas las células que pertenecen a la LA.

2.4.3 Área de Servicio de MSC

Varias LA's conforman un área de servicio de MSC y éste representa la parte geográfica de la red controlada por un MSC.

Para ser capaz de rutear una llamada hacia un MS, el área de servicio MSC del suscriptor también se le graba y monitorea. El área de servicio MSC del suscriptor se almacena en el HLR, ver figura 2-5.

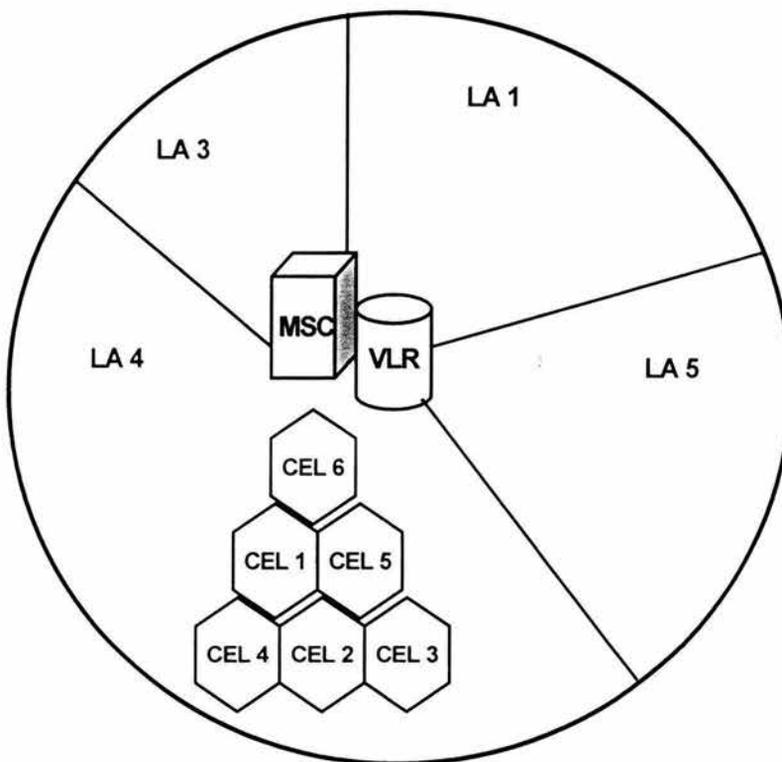


Figura 2-5 Área de Servicio de MSC

2.4.4 Área de Servicio PLMN

El área de servicio Public Land Mobile Network (PLMN) es el set entero de células servidoras por un operador de red y se define como el área en la cual un operador ofrece cobertura de radio y acceso a esta red. En algún país pueden existir varios áreas de servicio PLMN, una para cada operador de red móvil.

2.4.5 Área de Servicio GSM

El área de servicio GSM es el área geográfica entera en la cual un suscriptor puede intentar acceder a una red GSM. El área de servicio GSM se incrementa cuando mas operadores firman acuerdos para trabajar unidos.

Actualmente, el área de servicio GSM abarca docenas de países cruzando el mundo desde Irlanda hasta Australia y Sudáfrica.

El roaming Internacional es el termino aplicado cuando un móvil se mueve desde un PLMN a otro hacia el extranjero, ver figura 2-6.



Figura 2-6 Relación entre Áreas en GSM

Las figuras 2-7 y 2-8 muestran vistas alternativas de la misma red.

- La primera figura muestra los nodos de red y su composición de un lado a otro de la red. Por simplicidad, este puede ser referido como la vista de hardware de la red.
- La segunda figura muestra la configuración de la red geográfica. Por simplicidad, este puede ser referido como la vista de software de la red.

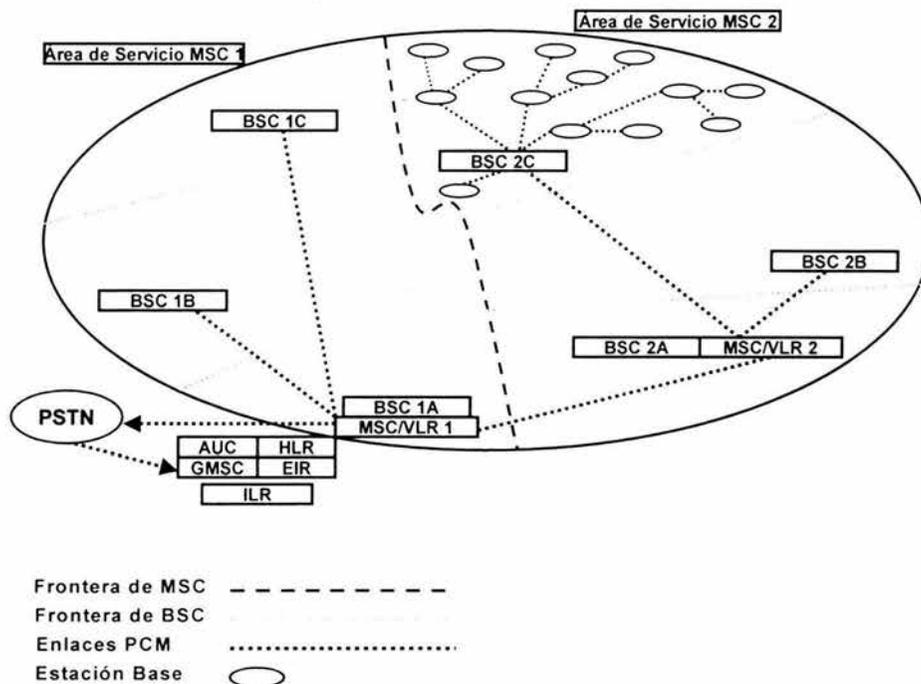


Figura 2-7 Vista de "Hardware" de una muestra de Red

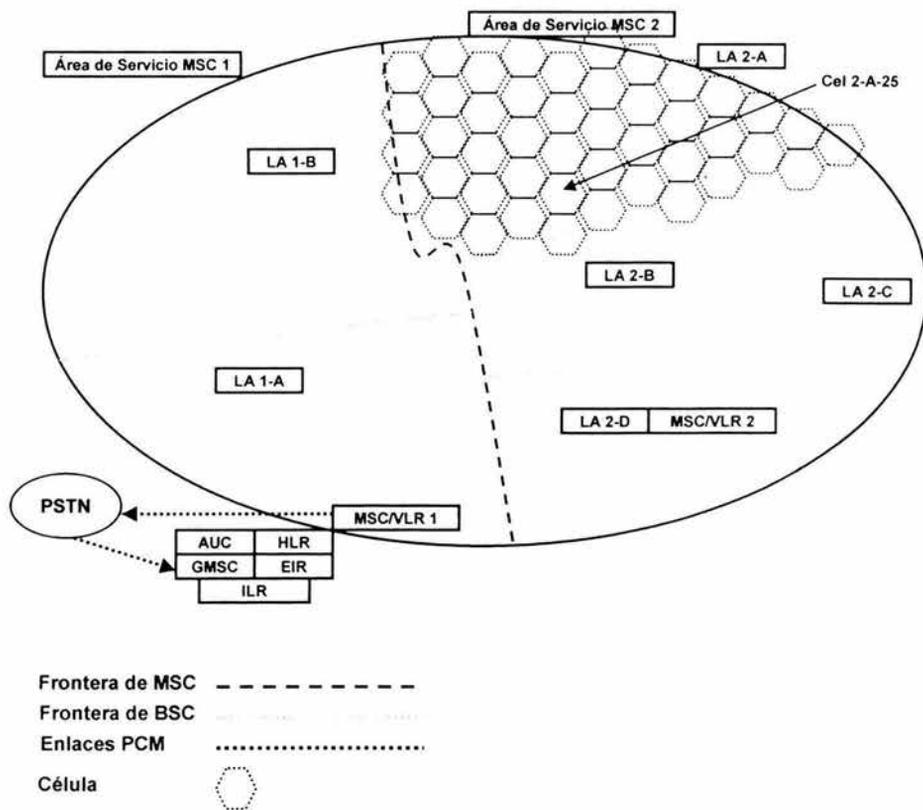


Figura 2-8 Vista de "Software" de una muestra de Red

2.5 Bandas de Frecuencias GSM

Como GSM ha tenido gran crecimiento a lo largo de todo el mundo, la operación se ha expandido en tres bandas de frecuencia: 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz.

GSM 900

La banda de frecuencia original especificada para GSM fue 900 MHz. La mayor parte de las redes GSM a lo largo y ancho del mundo usan esta banda. En algunos países la versión extendida de GSM 900 puede ser usada, la cuál proporciona capacidad extra de red. Esta versión extendida de GSM es nombrada E-GSM, mientras que la versión primaria es nombrada P-GSM.

GSM 1800

En 1990, para incrementar la competencia entre operadores, el United Kingdom solicita el inicio de una nueva versión de GSM adaptada a la banda de frecuencias de 1800 MHz. Las licencias tienen que ser expedidas en varios países y redes están en completa operación.

Por la concesión de licencias para GSM 1800 y sumando a GSM 900, país puede incrementar el número de operadores. En este sentido, debido al incremento de competencia, el servicio a los subscriptores es mejorado.

GSM 1900

En 1995, se especificó el concepto de Servicios de Comunicación Personal (PCS) en los Estados Unidos. La idea básica fue la de habilitar la comunicación de "Persona a Persona" más que de estación a estación. PCS no requiere que tales servicios sean implementados usando tecnología celular, pero estos deben ser proporcionados con el método más efectivo. Las frecuencias disponibles para PCS están alrededor de 1900 MHz. Como GSM 900 no puede ser usado en Norte América debido a la prioridad de asignación de las frecuencias de 900 MHz, GSM 1900 MHz es vista como una oportunidad para cubrir esta demanda de mercado. La principal diferencia entre el estándar Americano GSM 1900 y GSM 900 es que éste soporta señalización ANSI.

GSM 400

Algunos proveedores soportan el trabajo de ETSI en un estándar global para GSM en la banda de frecuencias de 450 MHz. Estos proveedores pretenden realizar productos GSM 450 disponibles para el mercado durante ésta década. La creencia de la introducción de GSM en la banda de frecuencias de 450 MHz es el de influir al éxito de GSM global.

GSM 400 también proporciona un camino lógico para introducir servicios de calidad digital y posibilidades de Roaming Internacional

CAPÍTULO 3

Tecnología GPRS

3.1 Definición de GPRS

General Packet Radio Services (GPRS) es un estándar de servicios de datos que utiliza el método de Packet-Switched para Global System for Mobile Communications (GSM) – Time Division Multiple Access (TDMA) y permite el uso de internet en estaciones móviles.

El sistema GPRS proporciona una solución básica para comunicaciones vía el Internet Protocol (IP) entre la estación móvil y el proveedor de servicios de Internet (ISP) o una LAN (Local Area Network) corporativa. GPRS establece una conexión IP de punto final a punto final desde la terminal móvil hacia los servidores del ISP. La transmisión de paquetes de datos es de esta manera una portadora en un sistema básico de punto final a punto final, incluyendo la interfase de aire.

Los usuarios de GPRS pueden quedarse en línea sin ocupar continuamente un canal de radio específico. GPRS usará los recursos físicos comunes cruzando la interfase de radio en coexistencia con el existente circuit switched de GSM. Se usan los mismos canales físicos pero con un camino eficiente, varios usuarios de GPRS pueden compartir un canal. De esta manera se dará una mejor utilización del canal. Además, los canales de GPRS son asignados sólo cuando los datos son enviados ó recibidos.

3.2 Conceptos Básicos de GPRS

3.2.1 Tipos de Redes de Datos

Como competencia para incrementar el número de subscriptores a lo largo del mundo, los operadores de redes móviles incrementan la oferta de servicios para igualar los servicios que los subscriptores pueden encontrar en una Red PSTN. En el pasado estas redes PSTN desarrollaron la capacidad de manejar llamadas, tales como "voice-mail" y "call forwarding".

Con el uso de comunicaciones de datos y en particular Internet, se ha incrementado la demanda para mejorar la capacidad de manejo de datos. En años recientes las tasas de datos de módems fijos se incrementaron de 9.6 kbits/s hasta 56 kbits/s, y la velocidad mínima recomendada es ahora de 28.8 kbits/s.

En la actualidad existen sistemas GSM que pueden manejar tasas de 48 kbits/s. Los operadores de redes de GSM tienen la posibilidad de ofrecer nuevas aplicaciones de datos que atraen y mantienen nuevos usuarios.

Ahora es posible mandar y recibir datos hacia y desde muchos tipos de redes, por ejemplo:

- Public Switched Telephony Network (PSTN).
- Integrated Services Digital Network (ISDN).
- Circuit Switched Public Data Network (CSPDN).
- Packet Switched Public Data Network (PSPDN).

3.2.2 Tipos de Aplicaciones de Comunicaciones de Datos

Existen generalmente dos categorías de aplicación de comunicaciones de datos, estas son las siguientes:

- Aplicaciones de Tiempo Real: Estas aplicaciones implican pequeñas transacciones de datos, tales como mandar o recibir un "e-mail", realizar transacciones financieras, recibir noticias actualizadas desde el WEB ó "chatear en línea".
- Aplicaciones de Acceso a Datos: Estas aplicaciones son voluminosas y comprenden el envío y recibo de grandes tasas de datos. Por ejemplo el "downloading" de páginas WEB y de archivos desde Internet ó transferencias de archivos largos hacia otros usuarios.

3.2.3 Tipos de Conexión de Datos

Los dos tipos básicos de conexión en las telecomunicaciones son:

- Circuit Switched: El circuito de un punto final hacia otro (end to end) se mantiene durante la duración de la llamada, pase lo que pase el circuito se mantiene, sea usado o no. Este tipo de conexión es adecuado para llamadas de voz.
- Packet Switched: El circuito de un punto final hacia otro (end to end) se establece cuando es necesario transmitir o recibir información. Con cada paquete nuevo de información puede usarse una conexión diferente. Esta técnica de conexión es adecuada para aplicaciones que tienen transmisión del tipo burst. Por ejemplo, la navegación en Internet implica "downloading" de información, se lee dicha información y entonces se baja más información, ver figura 3-1.

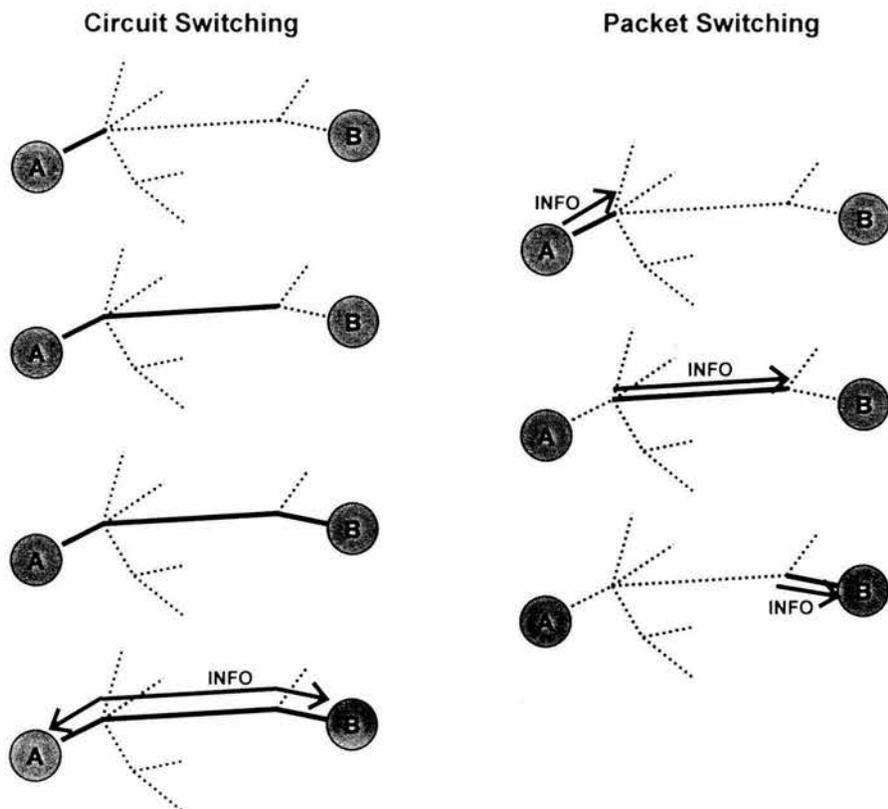


Figura 3-1 Tipos de Conexión en Telecomunicaciones

Los datos pueden ser enviados con ambos métodos.

Por ejemplo la tecnología que emplea el método de Circuit Switched en GSM es High Speed Circuit Switched Data (HSCSD) el cuál soporta los siguientes tipos de conexiones de transmisión de datos.

- **Transparente:** Se garantiza una conexión más segura que permita agregar bits para corrección de datos. Sin embargo, la tasa de datos básica se restringe a un máximo de 38.4 kbits/s.
- **No – Transparente:** En contraste con las conexiones transparentes, esta forma no adhiere información para los datos básicos y por lo tanto son menos seguros. Sin embargo, son posibles altas tasas de datos, hasta un máximo de 48 kbits/s.

De la tabla 3-1 a la tabla 3-3 se identifican las tasas de datos que manejan estas conexiones.

Time Slots	Tasa de Datos de Usuario Final (kbits/s)
1	4.8
2	9.6
3	14.4
4	19.2

Tabla 3-1 Conexión Transparente usando Canal Half-Rate

Time Slots	Tasa de Datos de Usuario Final (kbits/s)
1	9.6
2	19.2
3	28.8
4	38.4

Tabla 3-2 Conexión Transparente usando Canal Full-Rate

Time Slots	Tasa de Datos de Usuario Final (kbits/s)
1	12
2	24
3	36
4	48

Tabla 3-3 Conexión No Transparente usando Canal Full-Rate

Dentro del estándar de GSM todas las conexiones son por Circuit Switched.

La tecnología que emplea Packet Switched es General Packet Radio Service (GPRS). Muchos operadores de redes TDMA y GSM están integrando GPRS para incursionar en los servicios de acceso a datos e Internet inalámbrico y como un escalón a redes de tercera generación 3G. Esta tecnología incrementa la tasa de datos que existen en las redes TDMA y GSM, permitiendo el transporte de paquetes de datos. Nuevas terminales GPRS serán capaces de transferir tasas de datos mucho mayores que 9.6 ó 14.4 kbps que actualmente están disponibles en teléfonos móviles. En circunstancias ideales GPRS podría soportar tasas de hasta 171.2 kbps, superando tasas de ISDN. Sin embargo, una tasa de datos más real para redes de desarrollo prematuro es alrededor de 40 kbps.

Distinto a las tecnologías de Circuit-Switched de segunda generación, GPRS está siempre en servicio. Esto permitirá a operadores de TDMA y GSM proveer altas velocidades para acceder a Internet con costos razonables.

3.3 Sistema GPRS

GPRS es una "extensión" de las arquitecturas de redes GSM ó TDMA, ver la figura 3-2, el tráfico de paquetes de datos corre en un nuevo backbone IP y se separa del núcleo existente de la red

GSM que se utiliza para tráfico de Circuit Switched (principalmente voz). Dos nuevos nodos forman las bases del backbone GPRS. El Serving GPRS Support Node (SGSN) maneja el tráfico de paquetes de datos de usuarios en un área geográfica. El Gateway GPRS Support Node (GGSN) conecta redes de datos externas. SGSN y GGSN son ruteadores que soportan movilidad de terminales.

GPRS usa la red existente de radio GSM y/o TDMA. Los enlaces de transmisión entre las BTSs y BSCs son reusadas, lo cual reduce en general el costo de GPRS.

GPRS también reusa otros elementos existentes de la red GSM y/o TDMA tales como el HLR y el MSC/VLR las funciones de estos elementos se explican en el apartado 4.4 de este trabajo de tesis.

El diagrama simplificado del sistema GPRS integrado a un sistema GSM se muestra en la figura 3-2.

3.4 Elementos de GPRS

El papel de cada elemento de red en el sistema GPRS y la nueva funcionalidad requerida en los elementos ya existentes de la red GSM se describen brevemente en este apartado.

3.4.1 Equipamiento Terminal (TE)

El TE es la computadora terminal en la cual el usuario final trabaja. Este es el componente usado por el sistema GPRS para transmitir y recibir paquetes de datos de usuario final. Por ejemplo, el TE puede ser una laptop. El sistema GPRS proporciona conectividad bajo IP entre el TE y un ISP o una LAN corporativa conectada a el sistema GPRS. Desde el punto de vista del TE, se puede comparar la terminal móvil con un módem, ya que la terminal móvil conecta el TE hacia el sistema GPRS.

3.4.2 Terminal Móvil (MT)

El MT se comunica con un TE, y sobre la interfase de aire con una BTS (Base Transceiver System). El MT debe ser equipado con un software para que tenga la funcionalidad de GPRS cuando se use en conjunto con el sistema GPRS. El MT asocia un subscriber en el sistema GSM ó TDMA. El MT establece una conexión hacia un SGSN. La reselección de canal es proporcionada en la conexión de radio entre el MT y el SGSN. La conexión IP es estática desde el punto de vista del TE; esto es, el TE no sabe si esta en movimiento y mantiene la asignación de la dirección IP hasta que el MT se desconecta.

3.4.3 Estación Móvil (MS)

La combinación de un TE y un MT es un MS. El termino de MS se usa cuando se discuten las características generales de GPRS. Por otro lado podemos notar que actualmente podemos encontrar los dos componentes en la misma pieza.

Dependiendo de los MSs y de las capacidades de la red GPRS, los MSs GPRS pueden operar en tres diferentes modos:

- Clase A: Este modo de operación permite a un MS tener una conexión circuit-switched en el mismo tiempo que se encuentra transfiriendo paquetes.

- Clase B: Este modo de operación permite a un móvil ser registrado en ambos circuit-switched y GPRS pero este MS no puede usar ambos servicios en el mismo tiempo. Sin embargo, si el móvil se encuentra transfiriendo paquetes puede recibir un voiceo para tráfico de circuit-switched. Entonces el MS puede suspender la transferencia de paquetes mientras dura la conexión de circuit-switched y poco después reanuda la transferencia de paquetes.
- Clase C: Este modo de operación permite a un MS ser registrado sólo en un servicio en el tiempo. Un MS que sólo soporta GPRS y no tráfico de circuit-switched siempre trabajará en modo de operación de clase C.

3.4.4 Tarjeta SIM de la Estación Móvil

La tarjeta SIM para una estación móvil almacena información específica de GPRS.

3.4.5 BSS

La BSS requiere nuevo software y hardware para soportar GPRS. El nuevo hardware, el Packet Control Unit (PCU) necesita ser adherido en la BSC. La BSC puede ser una combinación BSC/TRC o un stand-alone BSC. El PCU puede servir solamente una BSC y será sólo un PCU por BSC.

La BSC puede iniciar, supervisar y desconectar llamadas de circuit-switched y packet-switched. Uno o varios BSCs son atendidos por un MSC, y un número de BSCs son atendidos por un SGSN.

La BTS separa la originación de llamadas circuit switched de la comunicación de paquetes de datos, entonces la BSC manda las llamadas circuit switched hacia el MSC/VLR, y las llamadas de datos GPRS hacia el SGSN.

3.4.6 MSC

Varios MSCs se pueden conectar a un SGSN. Un MSC puede también conectarse a varios SGSNs. La configuración es un asunto de dimensionamiento del tráfico actual.

El área de servicio del MSC se divide en un número de áreas de localización (LAs) para la red de circuit switched y dentro de un número de Routing Areas (RAs) para la red GPRS. La RA puede ser pequeña o igual a la LA.

3.4.7 Serving GPRS Support Node (SGSN)

El SGSN es un componente primario en la red de GSM usando GPRS, y es un nuevo componente en GSM. El SGSN direcciona paquetes IP entrantes y salientes hacia y desde una MS que está registrada dentro del área de servicio del SGSN. El SGSN proporciona ruteo de paquetes y transferencia hacia y desde el área de servicio del SGSN. El SGSN sirve a todos los suscriptores de GPRS que están físicamente localizados dentro del área de servicio geográfico del SGSN. Un suscriptor GPRS puede ser atendido por algún SGSN en la red, todo depende de la ubicación. El tráfico se rutea desde el SGSN hacia la BSC, vía la BTS hacia el MS.

El SGSN también proporciona:

- Autenticación y Ciphering.
- Administración de sesión.

- Administración de movilidad.
- Administración de enlace lógico hacia el MS.
- Conexión hacia HLR, MSC, BSC, GGSN y otros nodos.
- Salida de facturación de datos.

El SGSN colecciona información de facturación para cada MS relacionado al uso de la red de radio. Ambos el SGSN y el GGSN coleccionan información de facturación en uso de los recursos de la red GPRS.

3.4.8 Gateway GPRS Support Node (GGSN)

Como el SGSN, el Gateway GPRS Support Node (GGSN) es un componente primordial en las redes TDMA y GSM que utilizan GPRS y es un nuevo componente. El GGSN proporciona lo siguiente:

- La interfase hacia la red externa de paquetes IP. El GGSN por lo tanto comprende la funcionalidad de acceso e interfase con funciones externas de ISPs como routers y servidores RADIUS (Remote Access Dial-In User Service), los cuales se usan para propósitos de seguridad. Desde el punto de vista de las redes externas IP, el GGSN actúa como un router para las direcciones IP de todos los subscriptores servidos por la red GPRS. El GGSN de esta manera intercambia información con la red externa de GPRS.
- El GGSN administra la sesión de GPRS, inicia comunicación hacia la red externa.
- Funcionalidad para asociar los subscriptores con el correcto SGSN.
- Producción de facturación de datos. El GGSN colecciona información de facturación de cada MS, relacionada con la red de datos externa usada. Tanto el GGSN como el SGSN coleccionan información de facturación en uso de los recursos de la red GPRS.

El SGSN y el GGSN pueden localizarse en diferentes PLMNs. Las dos PLMNs entonces serán conectadas vía Gateways de frontera por razones de seguridad e interoperabilidad. Los Gateways de frontera son parte de los GGSNs.

3.4.9 HLR

El HLR es la base de datos que almacena información del subscriptor para cada persona quien tiene una suscripción desde el operador GSM/GPRS. El HLR almacena información para comunicaciones del tipo circuit switched y para GPRS. La información que se puede encontrar en el HLR incluye, por ejemplo, servicios suplementarios, parámetros de autenticación, los Access Point Name (APNs) tales como los ISPs, y si una dirección IP estática se asigna a el Móvil.

En adición, el HLR incluye información acerca de la ubicación del MS. Para GPRS, la información del subscriptor se intercambia entre el HLR y el SGSN. Nótese que la autenticación se triplica para GPRS y se recupera directamente desde el HLR hacia el SGSN.

La información que va desde el HLR hacia SGSN ha sido iniciada por el operador para el subscriptor. Esta transferencia de información se realiza cuando el operador cambia la información del subscriptor, o cuando un nuevo SGSN necesita tener datos de un subscriptor después de un registro o cambio de RA. El viejo SGSN es también informado. La información que va desde SGSN hacia HLR es la información ruteada que se transfiere sobre la acción, por ejemplo un registro o una actualización de RA. Para un móvil roaming, el HLR debe estar en una diferente PLMN que el servidor SGSN del móvil.

3.4.10 VLR

El SGSN contiene la funcionalidad del VLR para comunicaciones packet-switched de la misma manera como el VLR que para comunicaciones circuit-switched se coloca en el MSC.

El VLR contiene información acerca de todos los móviles que están actualmente localizados en el área de localización del MSC o en la "Routing Area" del SGSN respectivamente. El VLR contiene información temporal del suscriptor necesaria para el MSC o SGSN para proporcionar servicios a los suscriptores visitantes.

Cuando un móvil se encuentra de roaming dentro de una nueva área de localización de un MSC ó dentro de una nueva "Routing Area" de un SGSN, el VLR del MSC o del SGSN solicita y almacena datos del móvil desde el HLR. Para móviles que soportan GPRS y GSM, deberán el SGSN y el MSC obtener información de los móviles desde el HLR.

El SGSN puede recibir y ejecutar solicitud de paging del sistema circuit-switched desde el MSC/VLR.

El MSC/VLR puede conectarse hacia el SGSN directamente usando la interfase Gs, e indirectamente vía el BSS usando las interfases A y Gb.

3.4.11 SGSN y GGSN Co-locados

El SGSN y el GGSN funcionalmente pueden combinarse en el mismo nodo físico, una combinación de GPRS Support Node.

3.4.12 Gateway MSC de Servicios de Mensajes Cortos (SMS-GMSC) y SMS Interworking MSC (SMS-IWMSC)

En GPRS, el Gateway MSC de Servicios de Mensajes Cortos (SMS-GMSC) y el Interworking MSC de Servicios de Mensajes Cortos (SMS-IWMSC) se conectan al SGSN para permitir que el móvil GPRS mande y reciba SMS sobre canales de radio GPRS.

El Centro de Servicios de Mensajes Cortos (SC o SM-SC) se conecta a la red GPRS vía el SMS-GMSC y el SMS-IWMSC.

3.5 Servicios de GPRS

GPRS permitirá una variedad de nuevos y únicos servicios para los suscriptores móviles inalámbricos. Estas aplicaciones móviles contienen varias características únicas que aumentan su utilidad para los clientes. Primero entre todo es la movilidad, la habilidad para mantener voz constante y comunicación de datos mientras se está en movimiento. En segundo lugar se encuentra lo inmediato que permite a los suscriptores a obtener conectividad cuando lo necesitan, sin tener en cuenta la localidad y sin tener en cuenta si se trata de una sesión larga. Finalmente, la localización, estas características permiten a los suscriptores obtener información relevante de su localidad actual. La combinación de estas características proporciona un extenso espectro de aplicaciones posibles que pueden ser ofrecidas a suscriptores móviles.

En general, las aplicaciones pueden ser separadas dentro de dos categorías de alto nivel: Las aplicaciones corporativas y las aplicaciones de consumidor. Estas incluyen:

- Comunicaciones: E-mail; fax; acceso a Internet/Intranet
- Servicios de Valor Agregado: Información de servicios; juegos
- E-commerce: Ventas al menudeo; comprar por ticket; transacciones bancarias; comercio financiero.
- Aplicaciones basadas en ubicación: Navegación; condiciones de tráfico; programación de vías aéreas; encontrar ubicaciones
- Aplicaciones Verticales: Reparto de carga; administración de flotas; subastas
- Publicación/Anuncios

3.5.1 Comunicaciones

Las aplicaciones de las comunicaciones incluyen todos aquellos en los cuales se manifiestan hacia los usuarios que usan la red de comunicaciones móviles como un tubo para acceso a mensajes o información.

Acceso a Intranet

Es la primer escena que permite a los usuarios mantener contacto con su oficina a través del E-mail, fax, y voz mail usando sistemas de mensajes unificados. Cada vez más, archivos y datos en redes corporativas llegan ser accesibles a través de intranets corporativas que pueden ser protegidas a través de firewalls, habilitando seguridad por tunnels (virtual private networks VPNs).

Acceso a Internet

Como una serie crítica de usuarios se aproxima, más y más aplicaciones se desarrollan para los consumidores generales que se encuentran en la Internet. La Internet se está convirtiendo en una herramienta invaluable para acceso a datos corporativos así como para el suministro de productos y servicio de información. Más recientemente, las compañías tienen que empezar a usar la Internet como un medio para realizar negocios a través de e-commerce.

E-mail y Fax

El e-mail en las redes móviles puede tener una de dos formas: Un e-mail enviado hacia un usuario móvil directamente, o los usuarios pueden tener una cuenta e-mail mantenida por su operador de red o su proveedor de servicios de Internet (ISP). En el último de los casos, una notificación será enviada a su terminal móvil; la notificación incluirá las primeras líneas del e-mail así como detalles del remitente, fecha, hora y el sujeto.

El fax puede también acompañar a los e-mail.

Mensajes Unificados

Los mensajes unificados usan un único mailbox para todos los mensajes, incluyendo voz mail, fax, e-mail, servicio de mensajes cortos (SMS) y mensajes de voceo. Con los varios mailboxes en un lugar, el sistema de mensajes unificados entonces permite para una variedad de métodos de acceso a recuperar mensajes de diferentes tipos.

3.5.2 Servicios de Valor Agregado

Los servicios de valor agregado se refieren estrictamente al contenido proporcionado por el operador de la red para incrementar el valor de sus servicios que proporciona a sus suscriptores. Dos términos que son frecuentemente usados con respecto a la entrega de aplicaciones de datos son "push" y "pull", y se definen como sigue:

- "Push" se refiere a la transmisión de datos en un predeterminado tiempo, o bajo predeterminadas condiciones. Esto podría también aplicar al suministro de advertencias no solicitadas, por ejemplo liberar noticias y como ocurrieron, ó valores de acciones cuando estos caen bajo de cierto valor.
- "Pull" se refiere a la demanda de datos en tiempo real por el usuario, por ejemplo una solicitud de cuotas de acciones o encabezados de noticias diarias.

Para proveer servicios con mayor valor a los suscriptores, estos servicios deben contener varias características:

- Información personalizada adaptada a las necesidades de un usuario específico con información relevante. Noticias personalizadas de valores, acciones, cuotas, así como aplicaciones de e-commerce con perfiles del usuario estos son dos ejemplos de información personalizada.
- Contenido de localización, basado en una ubicación actual de los usuarios: Esto puede incluir mapas, ubicación de hoteles, hospitales y restaurantes.
- Sugerir la conveniencia que la interfase de usuario y menú de pantalla sean intuitivos y fáciles para navegar.
- Dar confianza a sitios e-commerce donde el intercambio financiero u otra información personal se requiere.

En la siguiente sección se bosquejan algunos servicios de valor agregado.

E-Commerce

E-commerce se define como el portador de negocios en la Internet o servicio de datos. Esto incluiría solo estas aplicaciones donde un contrato es establecido sobre la conexión de datos, tal como para la compra de mercancías, ó servicios, así como aplicaciones bancarias en línea a causa de los requerimientos similares para autenticar usuarios y transmisión segura de datos sensitivos.

Bancos

La popularidad entre bancos para animar a realizar transacciones bancarias electrónicas viene de la comparación de costos de realizar transacciones en persona en un banco a realizarlas electrónicamente. Se incluyen funciones bancarias específicas que pueden ser consumadas sobre una conexión inalámbrica como son: Chequeo de balances, mover dinero entre cuentas, pago de cuentas, y alerta de sobregiro.

Negocios Financieros

Lo inmediato con lo cual las transacciones pueden ser realizadas usando Internet y el requerimiento para una aplicación popular requieren que el sistema sea capaz de manejar información al momento para realizar adquisiciones de acciones. Para proporcionar servicios "Push" tales como los detallados en la sección de SVA anticipadamente y acompañar esto con la

habilidad de realizar transacciones seguras desde la terminal móvil, un servicio muy valioso y único en el ambiente móvil puede ser proporcionado.

3.5.3 Servicios Basados en Localización de Objetos y Telemetría

Los servicios basados en localización permiten enlazar servicios de información "Push" o "Pull" con una localización de usuario. Por ejemplo encontrar hoteles y restaurantes, asistencia en carreteras, y noticias e información de ciudades específicas. Esta tecnología también tiene aplicaciones verticales tales como administración de mano de obra y rastreo de vehículos.

3.5.4 Aplicaciones Verticales

En el ambiente móvil, las aplicaciones verticales permiten que el sistema soporte el transporte de tareas específicas dentro de un plazo de tiempo estipulado por una compañía, como lo contrario a las aplicaciones que están siendo ofrecidos para la venta a un cliente.

Algunos ejemplos de aplicaciones verticales son:

- Soporte de ventas: Provisión de "stock" e información de productos para el staff de ventas, así como integración de señalar detalles y el establecimiento de ordenes remotas.
- Despacho: Comunicación de detalles de trabajo tales como ubicación y programación; permitiendo interrogación de información para soportar el trabajo.
- Administración de flotilla: Control de una flotilla de reparto ó staff de servicios, monitoreando su ubicación y programando el trabajo.
- Entrega de paquetería: Seguir la pista de localización de paquetería y desempeño del monitoreo.

3.5.5 Publicidad

Los servicios de publicidad serán ofrecidos como un tipo de servicio de información "Push". La publicidad puede ser ofrecida a clientes para subvencionar el costo de voz u otros servicios de información. Finalmente, la publicidad puede ser sensible a la ubicación del usuario, donde por ejemplo, un usuario que está entrando a un centro comercial puede recibir publicidad específica de los almacenes del centro comercial.

3.6 Arquitectura de GPRS

La arquitectura del sistema de componentes GPRS puede integrarse con la parte de circuitos switcheados del sistema GSM, como se muestra en la figura 3-2.

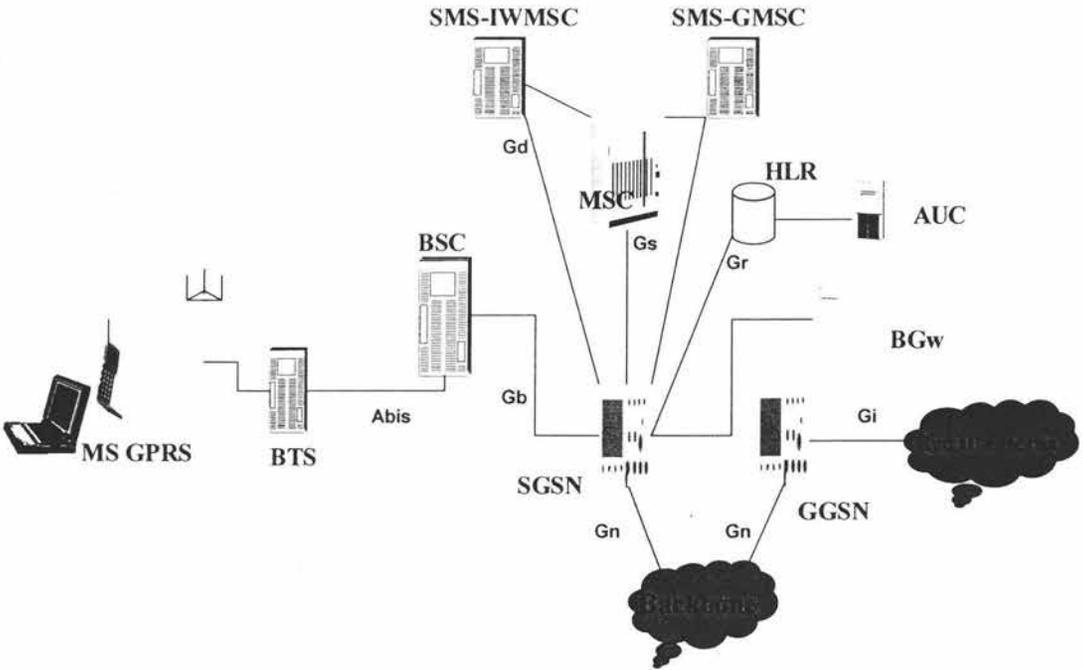


Figura 3-2 Arquitectura de una Red GPRS con un Sistema GSM

El sistema GPRS proporciona una solución básica para la comunicación Internet Protocol (IP) entre la Estación Móvil y el Host de servicios de Internet (IH). Desde el punto de vista de funcionalidad, el sistema GPRS analizado en esta tesis puede integrarse en la parte de circuitos switcheados de cualquier sistema GSM.

Las partes del sistema GSM las cuales realizan el switcheo de paquetes de datos son denominados Serving GPRS Support Node (SGSN) y el Gateway GPRS Support Node (GGSN) como ya se vió anteriormente en este trabajo. El SGSN proporciona el ruteo de paquetes hacia y desde el área geográfica del SGSN. El GGSN realiza la interfase hacia la red IP externa. Operación y mantenimiento de un nodo GSN es típicamente hecha desde un cliente de administración (tal como el GSM OSS) con el nodo GSN como un servidor. Los nodos SGSN/GGSN son separados físicamente de la parte de circuitos switcheados del sistema GSM. Otras partes de la arquitectura GPRS usan elementos de la red GSM ya existentes. En la figura 3-2 se relacionan los componentes del sistema GSM y GPRS en donde se muestra la actualización de software y hardware. En esta figura sólo se incluye la comunicación GPRS, de tal manera que no se incluye la comunicación de Circuitos Switcheados entre la MSC/VLR y la BSC, y entre MSC/VLR y el HLR.

Así pues, desde que la estación móvil usa una dirección IP, el usuario puede conectarse desde el sistema GPRS a servicios IP obtenidos desde proveedores de servicios de internet (ISPs) o desde una LAN Corporativa. Los servicios pueden ser por ejemplo World Wide Web, e-mail o telemetría.

3.7 Propiedades de GPRS

Desde el punto de vista del operador de la red, se soportan los siguientes aspectos en el sistema GPRS.

- Manejo de Payload
- Acceso a radio
- Movilidad
- Administración de sesión
- Soporte de carga
- Administración del suscriptor
- Administración de configuración
- Monitoreo de desempeño
- Administración de ejecución
- Administración de seguridad
- Soporte de servicio de mensajes cortos

En seguida se describen los servicios de la red GPRS.

3.7.1 Manejo de Payload

El GSN utiliza el protocolo de internet (IP) para transferir datos. Cuando un móvil tiene el registro ó el "attach" en el sistema GPRS y un "Packet Data Protocol (PDP) context" activado, con ello, el equipo terminal puede mandar paquetes de datos al usuario final en el uplink vía la estación móvil. Otros servidores (hosts) también pueden mandar paquetes hacia el equipo terminal en el downlink. Los paquetes de datos son ruteados por el SGSN y el GGSN hacia la dirección correcta.

El sistema opcionalmente encrypta todos los paquetes de usuario final cuando ellos se envían sobre la interfase de aire. Este hecho es para prevenir espionaje y asegurar que toda la comunicación es confidencial. El ciphering de la comunicación de paquetes switcheados toma lugar en el SGSN y en la Terminal Móvil.

Los paquetes IP se segmentan dentro de paquetes mas pequeños cuando se envían sobre la interfase de aire. La longitud de estos paquetes depende del "coding scheme" usado.

Algunos componentes de sistema en la red GPRS podrían no ser accesibles desde estaciones móviles o de Hosts de Internet (IH). Los ruteadores de la red IP GSN, incluyendo el GSN, deben por lo tanto, desempeñar filtrado de paquetes. De esta manera para cada paquete IP la red GPRS recibe desde una estación móvil o un IH; los ruteadores de la red IP GSN, incluyendo el GSN, deciden si ellos pueden permitir o denegar los paquetes. El Filtrado se basa en la información de los encabezados de los paquetes para poder realizar el proceso de envío de paquetes IP.

3.7.2 Acceso a Radio

El sistema GPRS proporciona acceso a frecuencias de radio, así, de esta manera se tiene la posibilidad de transmitir paquetes de datos en canales de radio sobre la interfase de aire. El canal lógico usado para manejar paquetes de datos es denominado Canal de Paquetes de Datos (PDCH). Cuando no existen recursos fijos dedicados para el uso de GPRS, solo existen PDCHs en demanda, de esta manera, los mensajes de broadcast y señalización hacia la estación móvil GPRS son enviados en los canales de control ordinarios, así como el Canal de Control de Broadcast (BCCH) y Canal de Acceso Aleatorio (RACH).

El sistema GPRS permite la transmisión de paquetes de datos de usuario en diferentes velocidades de transmisión. Un móvil GPRS puede usar hasta 8 time slots. Es posible combinar paquetes de datos, voz y circuitos de datos en las mismas frecuencias de radio.

3.7.3 Movilidad

El sistema proporciona movilidad para los equipos terminales. Los procedimientos disponibles son "attach/detach", actualización de "routing area", combinación de actualización de "routing area" y "location area" y voceo. Estas funciones se describen a continuación.

"Attach" de la Estación Móvil

Antes de mandar paquetes IP, la estación móvil debe:

- Realizar un "Attach GPRS" (registrarse en la red GPRS)
- Realizar una activación del Protocolo de Paquetes de Datos (PDP) Context

El "attach GPRS" hace que la red esté conciente de que la estación móvil está presente en la red. El "attach" es realizado por la estación móvil hacia el SGSN. En el "attach GPRS", el móvil proporciona su identidad (IMSI o TMSI) y una indicación si se trata de una solicitud de "attach" de paquetes switcheados ó de una solicitud de "attach" combinado (paquetes switcheados y CS/IMSI).

- Un "IMSI attach" de un móvil de clase "A" ya ocupado en una conexión de circuitos switcheados usará el procedimiento de "GPRS attach" (no combinado) cuando éste desempeñe un "GPRS attach".
- Un móvil con "GPRS attach" realiza un "attach IMSI" via el SGSN con el procedimiento de actualización de "Routing Área / Location Área" combinado si el modo de operación de la red es I.
- En los modos de operación de la red II y III, o si el móvil no tiene el "attach GPRS", entonces el móvil realiza el "attach IMSI" como se define en el estándar GSM.

Los modos de operación de la red I, II, y III se definen por la coordinación del voceo. Estos modos de operación se describen en la sección de voceo.

Una estación móvil de Clase C con "IMSI attach" debe realizar el normal "IMSI detach" antes de realizar un "attach GPRS". También, debe de realizar un "detach GPRS" antes de realizar un "attach IMSI". El procedimiento del "detach" se estudia en la siguiente sección.

Si no hay administración de movilidad para el móvil, existe alguna parte en la red el "attach", entonces la autenticación es obligatoria. Si el opcional "ciphering" es parte del sistema, entonces el modo de "ciphering" se ingresa. La autenticación y "ciphering" se describen más adelante en

este capítulo. En la parte del "attach", el SGSN informa al HLR de la localización de la estación móvil si esta localización es nueva.

Después de tener ejecutado el "attach GPRS", la estación se encuentra en estado de "READY" y el contexto de la administración de movilidad se establece en la estación móvil y en el SGSN. La estación móvil ahora puede recibir servicio de mensajes cortos sobre GPRS y paging (voceo) vía el GSN. La estación móvil ahora puede también activar el "PDP context" el cual debe ser realizado antes de mandar y recibir datos de GPRS.

"Detach" de la Estación Móvil

La estación móvil puede ser explícitamente "detached" desde el GPRS, por el móvil o la red (SGSN o HLR). El móvil puede también ser implícitamente "detached". Un "detach" implícito es realizado por la red, sin notificar al móvil, cuando por ejemplo después de un error de radio irreparable. Un "detach" explícito iniciado por el HLR es usado por la determinación del operador para eliminar la administración de movilidad de un subscriptor y el PDP context en el SGSN.

Existen tres tipos de "detach":

- Detach IMSI
- Detach GPRS
- Detach combinado GPRS/IMSI

El "detach" combinado GPRS/IMSI puede ser iniciado sólo por la estación móvil.

Un móvil que tiene "attach GPRS" realiza un "IMSI detach" vía el SGSN. Este puede ser un "detach" combinado GPRS/IMSI.

El móvil que realiza un "detach" incluye una desactivación de PDP context. La desactivación del PDP context se describe más adelante en este capítulo.

3.7.4 Roaming

La administración de movilidad le da la habilidad al móvil para:

- Moverse entre células
- Moverse entre BSCs
- Moverse entre Routing Areas SGSN
- Moverse entre SGSNs dentro de la misma PLMN GPRS
- Moverse entre PLMNs

La habilidad para transmitir y recibir datos durante movimiento es limitado para "roaming" dentro de un PLMN. El punto de soporte (el cual es el PDP context depende) dentro del PLMN es mantenido en el mismo GGSN durante "roaming".

La administración de movilidad también habilita a los subscriptores de GPRS para "roaming" dentro de otros PLMNs (Visitante). Actualización de "Routing Area" dentro de PLMN, sin embargo, no está disponible. Si el subscriptor visitante es permitido para "roam" dentro del PLMN o no está determinado en el HLR. Diversos acuerdos comerciales entre operadores tienen que ser firmados para "roaming" nacionales e internacionales.

Para ser habilitado para moverse en la red, la estación móvil puede iniciar la transmisión y recibir en un canal de radio en otra BTS que la actual. El móvil mide la intensidad de señal en canales de células vecinas, y cuando la intensidad de señal en un canal vecino excede la intensidad de señal del canal actual por un cierto margen, la estación móvil inicia el envío de información en este canal. En una red de circuitos switcheados, la estación móvil envía los datos medidos hacia la red, la cual decide cuando el "handover" (el equivalente a la reelección de canal de paquetes) podría ocurrir. En una red de paquetes de datos, el móvil decide cuando la reelección de canal de paquetes podría ocurrir.

El SGSN almacena el "Cell ID" y la "Routing Area" para un móvil mientras que el móvil se acampa en una célula dentro de una "Routing Area" controlada por el SGSN. El móvil almacena la identidad de la célula y la identidad de la RA en esta Administración de Movilidad una vez de que se ha dado la reelección de la célula.

Una estación móvil puede moverse entre células dentro de la misma "Routing Area SGSN" con el envío de paquetes de actualización de célula (un paquete payload, un paquete de señalización tal como Solicitud de Activación) hacia el SGSN. El SGSN entonces informa a la BSS para la vieja y la nueva células. Notar que en estado "STAND-BY", el móvil puede moverse entre células dentro de la misma RA sin el envío de paquetes de actualización de célula. Si la terminación de tráfico ocurre en estado "STAND-BY", un voiceo tiene que ser ejecutado desde de la red sin conocimiento en cual célula la estación móvil puede ser encontrado.

Los algoritmos de selección y reelección de las células GPRS son gobernados por los parámetros establecidos para broadcast, en PBCCH o BCCH. Estos parámetros son diferentes a los parámetros correspondientes para la comunicación de circuitos switcheados.

Una estación móvil puede moverse entre "Routing Areas" dentro de la misma PLMN por el desempeño de procedimientos de actualización de "Routing Areas". La actualización de RA puede ser actualización intra-SGSN RA o actualización Inter-SGSN RA.

La interfase estándar SGSN-MSC/VLR (denominada Gs) habilita el "Attach" Combinado y la actualización de Localización Combinado ("Routing Area" y "Location Area") para ambas redes GSM Circuitos Switcheados y GPRS Paquetes Switcheados. También habilita el voiceo de Circuitos Switcheados y actualización periódica.

3.7.5 Autenticación y Ciphering

La red autentica la identidad del suscriptor para confirmar que una estación móvil es la estación con ciertos derechos. Esta autenticación es hecha antes de que la red permita a la estación móvil acceder a la red. El propósito de esta autenticación es para proteger a la red en contra del uso no autorizado. Esto también protege a los suscriptores GPRS para negar a los intrusos la habilidad de hacerse pasar por usuarios autorizados, ver figura 3-3.

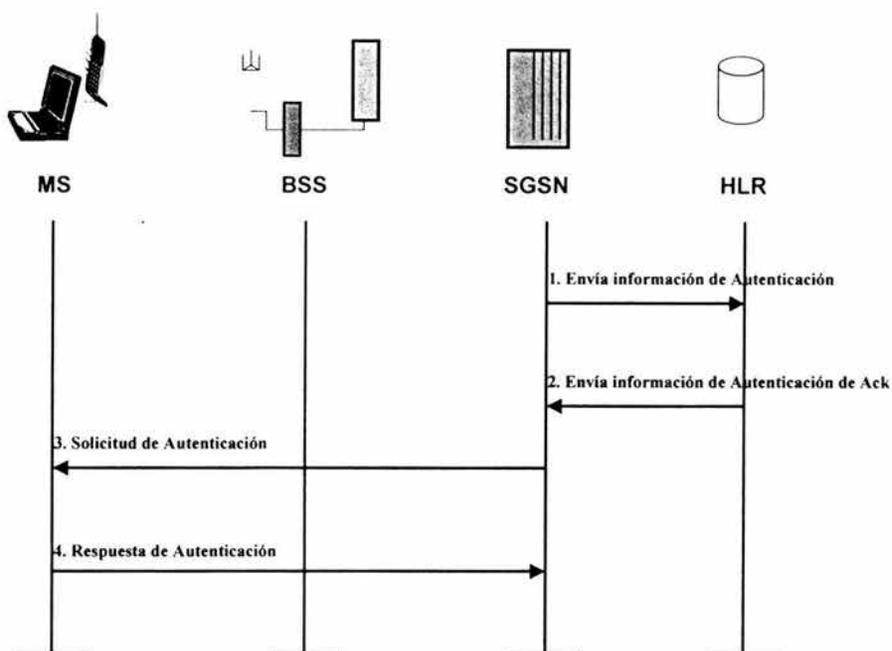


Figura 3-3 Proceso de Autenticación GPRS

Ciphering en GPRS

Un "codificado" opcional, conforme a las especificaciones de GSM/GPRS, puede ser invocado durante el procedimiento de autenticación. El tráfico entonces será codificado (en clave) entre el SGSN y la estación móvil y por esta razón evitar que otros interfieran en el tráfico en el canal de radio.

Los procedimientos de autenticación para los suscriptores de GPRS y para los suscriptores de GSM son los mismos. El cambio en seguridad para GPRS es relacionado solamente con "ciphering". Este cambio no requiere una actualización para el centro de autenticación.

Para GPRS, el nuevo Algoritmo de Encriptación GPRS (GEA) para "ciphering" ha sido definido. Un parámetro de entrada de "ciphering" es ahora tomado desde la capa de LLC. Así que, de esta manera el SGSN, así como, la nueva terminal GPRS deben soportar el nuevo algoritmo de encriptación GPRS y el nuevo parámetro de entrada.

Autenticación en AUC y Ciphering

- El Centro de Autenticación AUC obtiene el IMSI y la llave de autenticación del suscriptor Ki para un usuario en el momento de la suscripción.
- El Centro de Autenticación genera un valor aleatorio, RAND.

- Para la autenticación, el AUC genera un valor SRES (señal de respuesta), desde la llave Ki y el valor RAND, aplicando el algoritmo A3.
- Para "Ciphering", este genera un valor Kc (llave de codificación), a partir de Ki y RAND, aplicando el algoritmo A8.
- El AUC envía, el RAND, SRES y Kc (también denominado autenticación trilliza) hacia el HLR.

Autenticación de la Estación Móvil

- El SGSN (funcionalidad SGSN VLR) trae los valores de autenticación trilliza desde el HLR cuando una estación móvil necesita ser autenticada.
- El SGSN envía el RAND hacia la estación móvil.
- La estación móvil procesa el valor SRES usando el RAND, el Ki, y el algoritmo A3.
- La firma SRES es enviada de regreso hacia el SGSN y es examinada para validación.

Remitente (SGSN ó MS) y Destinatario (MS ó SGSN) Ciphering

- El móvil usa A8 y la llave Ki (almacenada en la SIM) para producir Kc.
- El SGSN debe obtener Kc desde el HLR.
- El remitente (SGSN ó MS) usa Kc y un parámetro desde la trama LLC como entrada hacia el algoritmo GEA para producir el bloque de "ciphering".
- El bloque de "ciphering" adhiere XOR con el texto claro para producir el texto codificado.
- El destinatario (MS ó SGSN) produce el bloque de "ciphering" de nuevo desde Kc y el parámetro obtenido de la trama LLC, usando GEA.
- El texto codificado recibido es adherido al XOR con el bloque de "ciphering" para conseguir el texto evidente.

Validación del Subscriber

Cuando el sistema GPRS autentica la estación móvil, éste simultáneamente verifica que el subscriber asociado con esta estación móvil tenga una suscripción válida de paquetes de datos y no sea bloqueada desde el servicio de paquetes de datos por alguna razón, por ejemplo por falta de pago del recibo celular.

3.7.6 Suspensión y Reanudación de Conexión

Cuando una estación móvil en modo de operación clase B tiene una conexión en curso en modo de circuitos switcheados, las funciones de suspensión y la reanudación son usadas para switchear entre GPRS y circuitos switcheados GSM señalización y transmisión de datos. La señalización de suspensión y reanudación es enviada sobre la interfase SGSN – BSS.

3.7.7 Voceo

Voceo relacionado a terminación de tráfico de paquetes envuelve sólo la red normal GPRS. La interfase estándar SGSN – MSC/VLR también permite:

- Voceo sobre pequeñas áreas de radio.
- Voceo sobre el canal de tráfico de paquetes de datos de radio (PDTCH) si el móvil está implicado en una actual transmisión de paquetes de datos en el tiempo cuando una estación móvil termina una llamada de voz.

Coordinación de Voceo

La red GPRS proporciona coordinación de voceo para servicios de circuitos switcheados y paquetes switcheados. El voceo coordinado quiere decir que la red envía mensajes de voceo para servicios de circuitos switcheados en el mismo canal que es usado para servicios de paquetes switcheados, esto es, en el canal de voceo GPRS o en el canal de tráfico GPRS, y el móvil sólo necesita monitorear que canal. Tres modos de operación de red están definidos:

- Modo de operación de red I: La red envía un mensaje de voceo de circuitos switcheados para un móvil que está en condición de "attach" en GPRS, en el mismo canal como el canal de voceo de GPRS ó en un canal de tráfico GPRS.
- Modo de operación de red II: La red envía un mensaje de voceo de circuitos switcheados para un móvil que está en condición de "attach" en GPRS, en el canal de voceo CCCH, y este canal es usado también para voceo de GPRS. Esto significa que la estación móvil necesita sólo monitorear el canal de voceo CCCH.
- Modo de operación de red III: La red envía un mensaje de voceo de circuitos switcheados para un móvil que está "attach" en GPRS, en el canal de voceo CCCH, y envía un mensaje de voceo GPRS en el canal de voceo de paquetes (si es asignado en la célula) ó en el canal de voceo CCCH.

3.7.8 Administración de Sesión

Los procedimientos de administración de sesión comprende lo siguiente:

- Activación de PDP Context.
- Desactivación de PDP Context.
- Modificación de PDP Context.

Estos procedimientos tratan con la asignación de dirección IP y parámetros de calidad de servicio. La originación por parte del móvil de la activación del "PDP Context" está disponible.

Todas las suscripciones de GPRS de punto a punto contienen la suscripción de uno o más direcciones de PDP. Cada dirección PDP se describe en el "PDP Context" individual en la estación móvil, el SGSN, y el GGSN. Todos los PDP Context existen independientemente en uno de dos estados de PDP. El estado de PDP indica si la dirección PDP se activa para la transferencia de datos o no. Todos los PDP Context de un subscriber están asociados con la misma administración de movilidad context por el IMSI de cada subscriber.

Activación de PDP Context

En orden para enviar y recibir datos de GPRS, la estación móvil ejecuta una Activación de PDP Context después del "attach GPRS". La activación del "PDP Context" que realiza la estación móvil, negocia con el GGSN, y le es posible la comunicación vía el GGSN a redes externas. El GGSN aplica una función de Control de Admisión en cada solicitud de activación de "PDP Context". Los resultados de la función arroja el proceso de la solicitud, negociación de los parámetros de QoS con la estación móvil, o el rechazo de estos. El sistema también verifica que la suscripción es válida para acceder con seguridad a redes externas ISP/corporativas. Esto también podría incluir prohibición para acceder a otras redes ISP/Corporativos no definidas. El GGSN también asegura que el tráfico para un móvil específico provenga desde el ISP que el móvil fue conectado durante la activación del "PDP Context". El rechazo de la solicitud que ocurre cuando el número de subscribers registrados simultáneamente por SGSN excede un máximo predefinido, es parte de la administración de movilidad.

El SGSN/GGSN soporta direccionamiento de IP estático y dinámico para suscriptores operando dentro de su PLMN de casa así como para suscriptores de "roaming".

Dirección IP Dinámica

La dirección IP dinámica puede ser asignada por el GGSN de la red visitada o el GGSN de la red de casa cuando los suscriptores están de roaming. En el caso de que la asignación de la IP Dinámica sea realizada por la red visitada, el GGSN visitado crea la IP, o un servidor RADIUS seleccionado por el GGSN visitado, puede usarse para proporcionar la dirección IP dinámica. En el caso de que la asignación de la IP dinámica sea asignada por la red de casa, el GGSN de casa por sí mismo o un servidor RADIUS pueden ser usados para proporcionar la dirección IP dinámica.

La asignación de la dirección IP dinámica permite al operador usar y re-usar las direcciones IP desde un pool de direcciones IP asignadas a la red PLMN el cual evita la necesidad de tener una dirección IP asignada por suscripción de PDP Context para un suscriptor. Esto significa que se reduce el número total de direcciones IP requeridas por cada PLMN.

Dirección IP Estática

La dirección IP estática puede, uno de dos, ser definido por la suscripción en el HLR, o el servidor RADIUS puede configurarse para que siempre asigne la misma dirección IP a un suscriptor específico. La dirección IP es buscada y obtenida desde el HLR o el servidor RADIUS durante el "GPRS Attach".

La asignación de direcciones IP estáticas permite al operador ofrecer a los suscriptores la habilidad de usar direcciones IP que son proporcionadas por la suscripción, las cuales pueden proveer mayor seguridad.

Una dirección IP por "PDP Context"

Hasta siete "PDP Context" son soportados por una estación móvil. Hasta siete direcciones IP por estación móvil son por lo tanto soportadas.

Calidad de Servicio

Los suscriptores pueden elegir un servicio premium para una alta calidad de servicio o un servicio económico desde una tarifa baja y reducir la calidad de servicio. Esto permite al operador diferenciar servicios de GPRS.

El SGSN negocia el QoS con la estación móvil. Esto ocurre en la activación del PDP Context y en la actualización de routing áreas Inter-SGSN. Esto puede también ocurrir si un operador cambia el parámetro de QoS en el HLR. La negociación de QoS ofrecida a la estación móvil dependerá de los datos almacenados del suscriptor, la solicitud de QoS, y el promedio estadístico del ancho de banda por célula reportada desde la BSC.

Resolución de APN dentro del GGSN

Un "Access Point Name" puede ser

- Proporcionado por la Estación Móvil.

- Suscripción.
- APN almacenado por default en el SGSN (almacenado como nodo propietario).

El SGSN usa el Access Point Name para interrogar un Servidor de Nombre de Dominio. El DNS proporciona una lista de posibles direcciones IP del GGSN. El SGSN recorre la lista hasta que este logra comunicación exitosa con el GGSN, o el final de la lista. La configuración de datos dentro del GGSN identifica el servidor RADIUS, si éste es usado.

Modificación de "PDP Context"

Un SGSN puede decidir, posiblemente accionado por el HLR, y modificar parámetros que fueron negociados durante un proceso de activación para uno o varios "PDP Contexts". Los siguientes parámetros pueden modificarse:

- Parámetros de QoS negociados.
- Prioridad de Radio.

El SGSN tiene varios medios para informar a la estación móvil de una modificación tal:

- Enviar un mensaje separado de solicitud para modificar un "PDP Context" hacia la estación móvil; ó
- Regresar información de modificación en un intercambio de señalización de administración de movilidad, por ejemplo, actualización de "Routing Área".

Desactivación de "PDP Context"

En el "detach GPRS", todos los "PDP context" para la estación móvil son implícitamente desactivados.

La desactivación del "PDP Context" puede ser iniciada por cualquiera de los que intervienen en el mantenimiento del "PDP Context":

- MS.
- SGSN.
- GGSN.

La red (SGSN o GGSN) puede iniciar la desactivación del "PDP Context" por ejemplo si el "PDP Context" está actualmente enrutado vía un GGSN en el VPLMN y la dirección del VPLMN que es permitida se cambia a "no permitida".

3.7.9 Administración de Suscripción

El SGSN soporta la interfase estandarizada por ETSI hacia el HLR.

Un nuevo suscriptor de datos se recibe desde el HLR, cuando dentro del procedimiento de actualización de localización GPRS, ó en un procedimiento de administración del suscriptor de datos "Stand-Alone", el SGSN almacena la modificación de la suscripción de datos y usa esto para futuras interacciones con la estación móvil.

Los datos incluidos del suscriptor son: IMSI, MSISDN, lista de Tele-Servicios (Soporte de SMS), la dirección del HLR, tipos de PDP, dirección de PDP, parámetros de QoS para el perfil del

suscriptor, APN (Access Point Name) y dirección de PLMNs permitidas para visitar, ver figura 3-4.

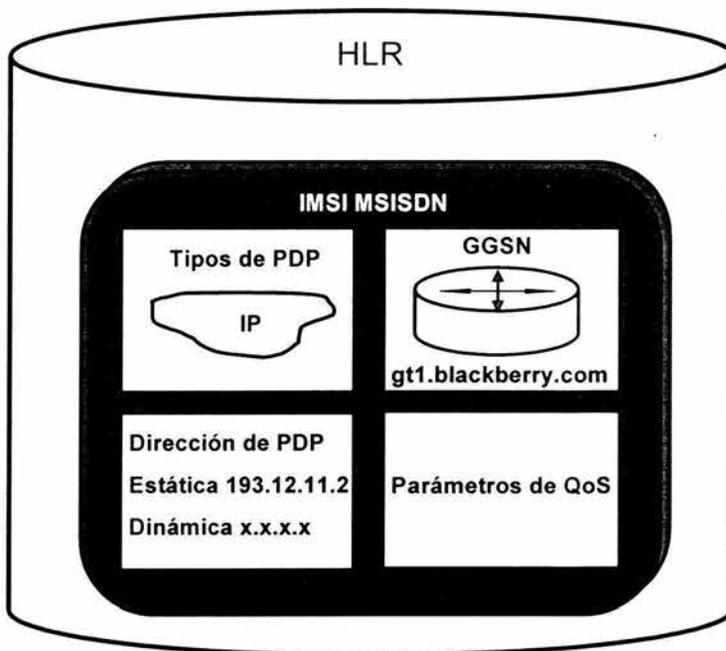


Figura 3-4 Administración de Suscripción

La administración de suscripción de datos habilita al operador para autenticar a los suscriptores, y también para ofrecerles diferentes servicios.

Si existen cambios en la suscripción de algún abonado cuando un "PDP Context" está activo, el SGSN ejecuta una iniciación de red y desregistra a la estación móvil, solicitando un subsiguiente "re-attach".

3.7.10 Monitoreo de Desempeño

El monitoreo de desempeño habilita al usuario para detectar cuellos de botella y para optimizar el sistema.

El subsistema de operación y mantenimiento del GSN incluye monitoreo de desempeño que colecciona datos de desempeño desde el GSN. Los datos obtenidos se usan para realizar un post-proceso y análisis en una herramienta central de desempeño para detectar si es necesario mejorar o actualizar el hardware de la red.

Usar umbrales para supervisar contadores permiten al operador conocer ó detectar una situación de falla antes de que se deteriore el enlace.

Un contador se define por el conteo de ocurrencias de cada uno de los siguientes eventos:

Para el GGSN:

- Solicitud de creación de "PDP Context".
- No exitosa solicitud de creación de "PDP Context".

Para el SGSN:

- Solicitud de "attach".
- Solicitud de actualización de "Routing Área intra-SGSN".
- Solicitud de actualización de "Routing Área inter-SGSN".
- Intento de procedimiento de voceo (incluyendo intentos exitosos).
- Solicitud de activación de "PDP context".
- Solicitud de modificación de "PDP Context".
- No exitosa solicitud de "attach" (registro GPRS).
- No exitosa solicitud de actualización de "Routing Área intra-SGSN".
- No exitosa solicitud de actualización de "Routing Área inter-SGSN".
- No exitoso intento de procedimiento de voceo.
- No exitosa solicitud de activación de "PDP Context".
- Solicitud no exitosa de modificación de "PDP Context".

El SGSN también tiene un contador para

- El número de suscriptores que actualmente se encuentran registrados ("condición attach").

3.7.11 Administración de Seguridad

La administración de seguridad proporciona un recurso contra accesos fraudulentos hacia el nodo GSN. La administración de seguridad incluye las siguientes características:

- Autenticación selectiva hacia la estación móvil.
- Encriptación de datos.
- Autenticación de usuarios de operación y mantenimiento (HTTP, FTP, login remoto)
- Logging para solicitud de servicios de operación y mantenimiento
- Autorización a usuarios de operación y mantenimiento.
- Filtrado de paquetes GPRS.

Las exámenes hechas al ISP también son parte de la funcionalidad de la administración de sesión realizada por el nodo GSN.

3.8 Soporte de Servicios de Mensajes Cortos

El SGSN soporta la interfase estándar hacia el SMS-GMSC y el SMS-IWMSC. Esta interfase hace posible el envío de SMS (originación-MS) y recepción de SMS (terminación-MS) vía los canales de radio GPRS.

Según el reparto de mensajes cortos terminados por la estación móvil vía los canales de radio GPRS, el operador puede ahorrarse los canales de señalización dedicados usados para la transferencia de SMS en la red de circuitos switcheados.

La existencia de aplicaciones verticales basadas en SMS puede, con muy pequeña modificación, ser portable para usarse con la simple y probablemente económica estación móvil, usando el modo de operación clase C.

El SMS también puede enviarse hacia estaciones móviles clase C, y no necesariamente ser almacenado en la red hasta que una terminal de CS se registre.

El suscriptor siempre es alcanzable a través de SMS, cuando usa la red de circuitos switcheados y cuando usa la red de paquetes switcheados. Sin esta función, un móvil clase C no puede estar disponible para recibir SMS en todo tiempo.

Usuarios con móviles de clase B y clase C pueden enviar y recibir SMS vía GPRS sin interrupción de otros servicios GPRS. Sin esta característica, las estaciones móviles de clase B tendrían que suspender sus servicios GPRS para cada SMS que la estación móvil envía o recibe.

Una estación móvil con "GPRS attach" puede enviar y recibir mensajes cortos sobre canales de radio GPRS. Un móvil que esta en ambos "attach GPRS" y "attach IMSI" transfiere SMS sobre canales GPRS ó sobre canales de control no GPRS. Si los canales de control no GPRS son usados, el voiceo para SMS a terminales móviles pueden ir a través del SGSN.

3.9 Servicios de Usuario Final

Un sistema de usuario final consiste de un Equipo Terminal, un host de servicios de Internet y un teléfono celular del suscriptor. Desde el punto de vista del usuario final, los siguientes servicios son soportados en el sistema GPRS.

- Conectividad IP.
- Transmisión a diferentes velocidades.
- Servicios de acceso a Internet.

3.9.1 Conectividad IP

El sistema GPRS proporciona conectividad IP entre las estaciones móviles y los host de servicios de Internet. La transferencia de datos se basa en el protocolo IP. Desde el punto de vista del usuario final, se provee una conexión de módem hacia Internet, usando una estación móvil como el "módem" hacia el sistema GPRS.

Para cada activación de PDP Context, se proporciona una dirección IP.

3.9.2 Transmisión a Diferentes Velocidades

Una estación móvil puede emplearse con diferentes velocidades de transmisión. La tasa de transmisión depende de la interfase de radio y en concreto del Esquema de Codificación utilizado.

GPRS utiliza la modulación GMSK. Cuatro esquemas de codificación se definen: CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4. CS-1 ofrece alto nivel de protección contra errores y por el contrario CS-4 no ofrece protección contra errores⁹, ver tabla 3-4.

⁹ WACKER, Achim. *Radio Network Planning and Optimisation for UMTS*. Pág. 438

Esquema de Codificación	Kbps por Time Slot
CS-1	8.0
CS-2	12.0
CS-3	14.4
CS-4	20.0

Tabla 3-4 Esquemas de Codificación

3.9.3 Acceso a Servicios de Internet

Puesto que la estación móvil utiliza una dirección IP, el suscriptor puede conectarse desde el sistema GPRS hacia servicios del Protocolo Internet obtenidos desde un ISP ó desde una LAN corporativa. Los servicios pueden ser World Wide Web, e-mail, ó telemetría. Por otro lado existen servicios que no son de Internet que están incluidos en el sistema GPRS.

3.10 Red de Radio GPRS

En este capítulo se describe los recursos de radio para GPRS que se manejan, y en breve para GSM.

3.10.1 Trama TDMA

La interfase de aire, es la conexión entre una estación móvil y una BTS, en un sistema GPRS es especificado en el estándar GSM. GPRS usa sólo una parte de la interfase de aire de GSM. La interfase de aire del sistema GSM utiliza una trama Time División Múltiple Access (TDMA) para obtener hasta ocho Time Slots de radio frecuencia.

3.10.2 Canal Físico

Un Time Slot de radio frecuencia de una trama TDMA en una portadora de frecuencia se denomina un "canal físico". La información enviada durante un time slot de radio frecuencia se denomina "burst". Un canal lógico (funcional) puede usar un canal físico, o parte de tal canal lógico.

3.10.3 Canal Lógico (Funcional)

Una gran variedad de información debe ser transmitida entre la BTS y la estación móvil, por ejemplo datos de usuario y señalización de control. Las diferentes clases de información transportadas por el canal físico son categorizadas dentro de un número de grupos llamadas canales lógicos funcionales. Estos canales lógicos son mapeados sobre los canales físicos de acuerdo a un esquema de mapeo.

3.10.4 Canales Lógicos de Paquetes de Datos

GPRS utiliza un nuevo canal de radio lógico optimizado para paquetes de datos, el Canal de Paquetes de Datos (PDCH). El PDCH puede ser dividido dentro de un número de nuevos canales lógicos¹⁰, similar a los existentes para las conexiones de circuitos switcheados.

¹⁰ WACKER, Achim. *Radio Network Planning and Optimisation for UMTS*. Pág. 456

Los Canales de Paquetes de Datos son:

- "Packet Broadcast Control Channel – PBCCH".
- "Packet Common Control Channel – PCCCH".
- "Packet Access Grant Channel – PAGCH".
- "Packet Paging Channel – PPCH".
- "Packet Data Traffic Channel – PDTCH".
- "Packet Associated Control Channel – PACCH".
- "Packet Random Access Channel – PRACH".

Los PDCHs pueden ser asignados de diferentes maneras. Estos canales también pueden establecerse como PDCHs dedicados, así el operador puede establecer recursos dedicados para el uso de GPRS, o establecer PDCHs en demanda, sirviendo como recursos dinámicos temporales de GPRS los cuales son asignados y liberados dependiendo de la carga de tráfico. Los PDCHs dedicados no pueden ser usados por tráfico de circuitos switcheados. Los PDCHs en demanda en la otra forma de utilizarlos pueden ser pre-desocupado por el ingreso de usuarios de circuitos switcheados a congestión. Por lo tanto, el PDCH en demanda no afectará la probabilidad de bloque de voz en la célula.

Pueden existir sistemas en donde el operador puede especificar entre 0 y 8 PDCHs dedicados por célula. No hay límite físico en cuantos PDCHs en demanda pueden ser en una célula, pero esto depende de cuanto tráfico existe de circuitos switcheados. En una célula sin tráfico de circuitos switcheados, todos los canales pueden ser usados por tráfico GPRS, con la excepción de los canales que contengan la frecuencia de BCCH.

Cuando en una célula con uno o mas PDCHs dedicados, PDCHs en demanda son asignados cuando el número de usuarios GPRS llega a ser alto con respecto al número de PDCHs dedicados existentes en la célula, asumiendo que hay canales libres disponibles.

El primer PDCH dedicado que el operador asigna en una célula después de no tener alguno, acomodará el Packet Broadcast Channel (PBCH) y un Packet Common Control Channel (PCCCH). El PCCCH incluye todo el control de señalización necesario para iniciar transferencia de paquetes. Este también transporta canales de tráfico de paquetes. Los siguientes PDCHs pueden ser dedicados o PDCHs en demanda y son usados sólo para tráfico de paquetes de datos y señalización asociada.

Esto significa que el primer PDCH dedicado transporta;

- PBCCH.
- PCCCH.
- PDTCH.
- PACCH.

Donde cada PDCH siguiente transporta solo;

- PDTCH.
- PACCH.

3.11 Estructura de la Red de Radio GPRS

Con los esquemas de codificación CS-1 y CS-2, el plan de reuso de frecuencias no es crítico, debido al muy robusto esquema de codificación de estos canales. Como mínimo el mismo plan como para la comunicación de circuitos switcheados se puede de esta manera utilizar. Una red celular GPRS consiste de las siguientes principales áreas geográficas:

- Área de Servicio GPRS (SA).
- Public Land Mobile Network (PLMN).
- Área SGSN.
- Área de Routing SGSN (RA).
- Área de Localización (LA).
- Área de BSC.
- Célula.

Área de Servicio GPRS

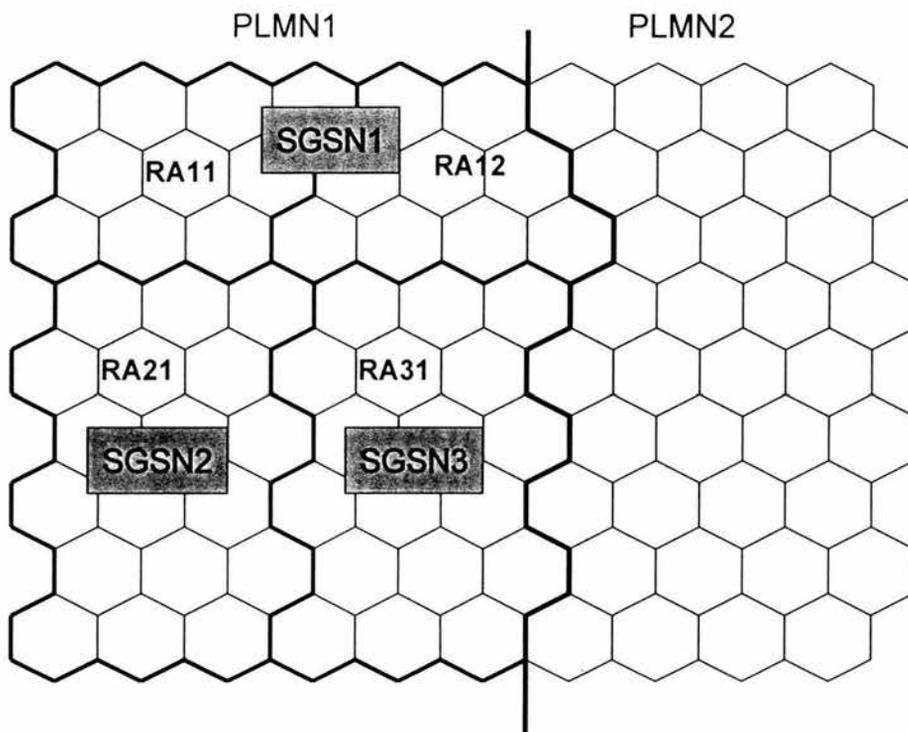


Figura 3-5 Estructura de la Red de Radio GPRS

3.11.1 Área de Servicio GPRS (SA)

El área de servicio GPRS es el área geográfica donde el servicio de GPRS está disponible para una estación móvil, es decir, donde una estación móvil puede mandar y recibir datos dentro de una red GPRS. Un área de servicio (SA) puede consistir de una ó mas PLMNs, ver figura 3-5.

3.11.2 Public Land Mobile Network (PLMN)

El Public Land Mobile Network es el área donde se proporciona el servicio de GPRS por un operador de red. Un PLMN puede consistir de uno ó más "Routing Áreas SGSN"

3.11.3 Área SGSN

El área SGSN es la parte de la red que es servida por un SGSN. El área SGSN puede consistir de uno ó más "Routing Áreas". Un área SGSN puede también consistir de uno ó más áreas BSC.

Un área SGSN no necesita ser la misma que el área de una MSC/VLR.

3.11.4 Routing Área SGSN (RA)

"La Routing Área SGSN (RA)", también llamada meramente "Routing Área" es una subcategoría del "área de localización (LA)". En la "Routing Área", una estación móvil puede moverse sin actualizar el SGSN. Un SGSN puede manejar varias "Routing Áreas". El tamaño de una RA puede ser desde una parte de una ciudad hasta una provincia entera ó incluso un país pequeño. Una "Routing Área" puede consistir de una ó más células.

3.11.5 Área de Localización (LA)

El Área de Localización (LA) es el área donde una Estación Móvil puede moverse sin actualización en el VLR. Un área de localización puede incluir una o varias células.

Notar que una LA no es la mismo que una Área VLR, la cual es el área controlado por un VLR.

También notar que una LA no es lo mismo que una Área MSC, la cual es la parte de la red controlada por un MSC.

3.11.6 Área Base Station Controller (BSC)

El "Área Base Station Controller" es el área de cobertura de radio que consiste de una o más células controladas por un BSC.

Los bordes de un área BSC y un área de localización no necesitan coincidir.

3.11.7 Célula

La célula es la unidad geográfica más pequeña en el área de servicio GPRS. Es la unidad básica de una red celular móvil y es cubierta por una BTS, ver figura 3-6.

Existen dos tipos de células:

- Una célula omnidireccional que es servida por una BTS con una antena que transmite ó radia igualmente en todas direcciones y sirve justamente una célula.
- Una célula sectorial que es servida por una BTS con una antena direccional cubriendo un área de 120 grados. De tal manera que una BTS puede cubrir tres células.

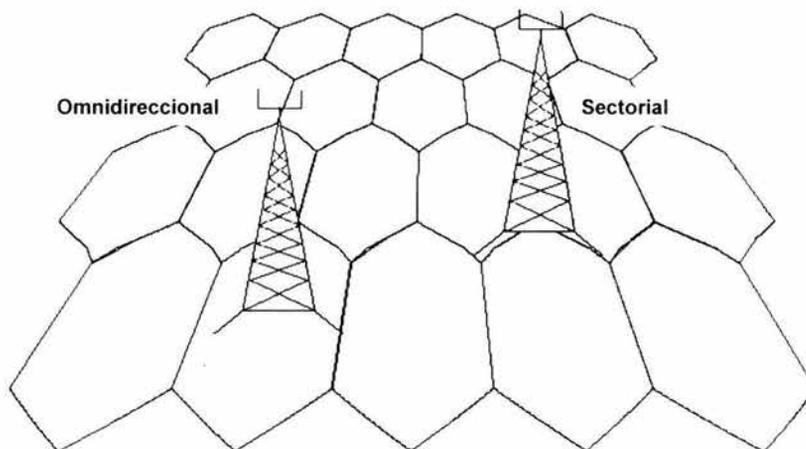


Figura 3-6 Tipos de Células

3.12 Aspectos de Planeación Celular para GPRS

GPRS usará los mismos canales físicos como lo marca el estándar GSM. Por esta razón, el tráfico de GPRS y Circuitos Switcheados pueden ser integrados en la misma banda de frecuencias. Esta es una ventaja puesto que GPRS puede dinámicamente usar canales los cuales se encuentran desocupados después del tráfico de circuitos switcheados. Además algo muy importante es que los sitios existentes pueden ser usados, y la planeación celular no necesita ser ajustada para proveer GPRS. Esta alternativa minimiza el costo de integración y funcionamiento de GPRS en una red de radio GSM existente.

Alternativamente, se puede establecer una sub-banda aparte para el tráfico de GPRS. Las condiciones de radio requeridas para GPRS no son idénticas para voz. Son más flexibles que para voz, GPRS puede tolerar una relación señal a interferencia (C/I) hasta de 5 dB. Al mismo tiempo, el diseño de GPRS hace posible que con un C/I mayor a 25 dB se consiga un gran ancho de banda por canal físico básico. Esto indica que un plan celular GSM existente, sintonizado para voz, no es óptimo para GPRS. En un sistema maduro GSM/GPRS usando los cuatro "Coding Schemes" definidos en el estándar y donde una fracción sustancial del tráfico total es debido a GPRS, tener frecuencias separadas y plan celular para GPRS puede ser creado.

Una rumbo favorable para usar una combinación de lo anterior. Así una parte de la banda de frecuencias podría por ejemplo ser usada para ambos usuarios de voz y usuarios de datos, mientras que otras frecuencias podrían ser usadas para usuarios de GPRS con aplicaciones que requieren altas tasas de transferencia y por lo tanto muy buena calidad de enlace de radio.

3.12.1 Consecuencias de usar el mismo Plan Celular para Circuitos Switcheados y tráfico GPRS

Usar el mismo plan de frecuencias para servicios de GPRS y voz se requiere de algún cuidado para proteger la calidad de voz. En un sistema de "Frequency Hopping" donde el volumen de tráfico de GPRS es limitado, esto no podría presentar un problema significativo.

CAPÍTULO 4

Implementación de GPRS en Redes GSM

4.1 Introducción

La introducción de la segunda generación de sistemas de telefonía celular presenció un impresionante crecimiento en el número de suscriptores móviles. Los sistemas más populares de segunda generación son GSM y IS-95. El sistema GSM se basa en tecnología TDMA y se usa principalmente en Europa, también en Asia, África y América Latina. El sistema IS-95 se basa en tecnología CDMA y se emplea principalmente en Norte América. Con el incremento de la popularidad de estos sistemas también se incrementó la demanda de los servicios de datos inalámbricos. Estos sistemas fueron diseñados para soportar datos en conmutación de circuitos y datos en conmutación de paquetes con limitantes de tráfico. Hoy en día los sistemas inalámbricos son capaces de proveer varios servicios como acceso a Internet, mensajes cortos y servicio de mensajes multimedia.

Los sistemas celulares de segunda generación ofrecen bajas tasas de datos, el tiempo de conexión es elevado y los servicios son muy caros. La razón de esto es que estos sistemas son diseñados principalmente para manejar datos a través de conmutación de circuitos lo que significa que un canal es dedicado para un solo usuario durante la duración de la llamada. Esto conlleva a la ineficiente utilización del canal, para la tecnología de conmutación de paquetes se utilizan burst y muchas llamadas pueden utilizar el mismo canal. En la tecnología de conmutación de paquetes, los canales pueden ser asignados a los usuarios cuando lo necesiten, principalmente para compartir el canal físico y para utilizar el canal eficientemente.

GPRS se desarrollo para evitar en lo posible las ineficiencias explicadas arriba y para simplificar el acceso inalámbrico hacia la red de paquetes de datos. Por tal razón el objetivo de este trabajo de tesis está enfocado en implementar una red GPRS en una red de conmutación de circuitos GSM. Este análisis tiene inicio en la explicación de la integración de GPRS en redes GSM, posteriormente se detallará la implementación de interfases GPRS (número de dispositivos, pool, etc) , se analizarán el número de nodos GSN que se implementarán en la red GPRS en estudio, se estudiará la forma conexión de PCUs en BSC ó en MSCs, se definirá si los nodos serán implementados como nodos combinados ó individuales, se definirá la capacidad y número de fireware , se analizará la tecnología del backbone que interconectará a los nodos, se definirá el modo de autenticación de abonados, se establecerá el número de centros de mensajes cortos contemplando los SMSs de GSM, se analizará la forma de asignación de IPs a los abonados, se definirá la forma de voiceo hacia los móviles, se definirá el ancho de banda en los enlaces de las interfases A-bis y Gb, se estudiará el esquema de codificación a emplear.

El desarrollo de este trabajo de tesis contempla únicamente la primera fase del sistema GPRS en el cual tenemos datos de entrada y suposiciones.

- El sistema GPRS a diseñar solo comprende las tres regiones más importantes de México, estas son: Región 4, Región 5 y Región 9.
- Todos los elementos de GSM existentes se reutilizaran para GPRS como son: Interfase de aire, sistema de antenas, BTSs, interfases Abis, BSCs, Backbone de SS7, STPs PBN, HLRs y SMSC.
- El sistema a diseñar se dimensionará para proporcionar los servicios de GPRS a 184,020 usuarios, con 73,608 usuarios simultáneamente registrados y con "PDP Context" activo.
- La carga del PDCH se estima que sea de 4.5 Kbps por canal para todos los sitios.
- El tráfico de datos es altamente asimétrico 80% del tráfico total es en Downlink y el 20% es en Uplink.
- El tamaño de paquete promedio se asume que es de 300 bytes.

Los resultados esperados de este trabajo de tesis son:

- Implementación del nodo GSN que reúna características como: robustez, escalabilidad, alta disponibilidad, redundancia y capacidad para fases de implementación futuras.
- Implementación del nodo GSN con características de Operación y Mantenimiento.
- Las interfases que se diseñaran deben de cumplir con la capacidad requerida para proporcionar el servicio GPRS a los usuarios proyectados en condiciones normales y críticas de operación, para la primera fase de implementación.
- Las interfases a implementar deberán de contener redundancia y seguridad.
- Se espera que la conexión de las interfases sea de la forma más eficiente, utilizando los parámetros apropiados de conexión, dependiendo de la tecnología que emplea cada una de ellas.
- Se espera implementar un Grupo de Servicio GPRS para proporcionar mayor seguridad a las conexiones de las redes externas (ISPs y Corporativos).
- Se diseñara la red para proporcionar servicios de GPRS en 3,510 células, con un canal dedicado PDCH (Packet Data Channel) para cada célula.

4.2 Integración de GPRS en Redes GSM

GPRS intenta utilizar los elementos de la red GSM existentes lo más que se pueda, pero para establecer eficazmente una red celular móvil de paquetes se requiere de nuevos elementos de red, interfases, y protocolos que manejan el tráfico de paquetes de datos, así como administración de movilidad y facturación. Por lo cual, GPRS requiere que se modifiquen algunos elementos de red, estos movimientos se resumen en la tabla 4-1.

Elemento de la Red GSM	Modificación o Actualización requerida para GPRS
Terminal de Suscriptor (TE)	Se requieren de nuevas terminales de suscriptor para acceder a servicios de GPRS. Estas nuevas terminales serán compatibles con GSM para llamadas de voz.
BTS	Se requiere de actualización de software en las existentes Estaciones Base de Transceivers (BTS).
BSC	La BSC también requiere de actualización de software, así como la instalación de un nuevo hardware, llamado Unidad de control de paquetes (PCU). El PCU dirige el tráfico de datos hacia la red GPRS.
Core de la Red	Para el desarrollo de GPRS se requiere de la instalación de nuevos elementos de red nombrados: Serving GPRS Support Node (SGSN) y Gateway GPRS Support Node

	(GGSN).
Base de Datos (VLR, HLR)	Todas las bases de datos de la red requerirán actualización de software para manejar los nuevos modelos de llamadas y funciones propias de GPRS.

Tabla 4-1 Actualizaciones de Elementos de Red

4.3 GPRS en BSS

Cada BSC requiere de la instalación de uno ó más PCUs y actualización de software. El PCU proporciona una interfase física y lógica de datos fuera del sistema de estación base (BSS) para el tráfico de paquetes de datos. La BTS también requiere de actualización de software, pero no requiere de nuevo hardware.

Cuando el tráfico de voz ó de datos se origina en la terminal, éste se transporta sobre la interfaz de aire hacia la BTS, y desde la BTS hacia la BSC en el mismo camino como una llamada GSM estándar. Sin embargo, en la salida de la BSC el tráfico se separa; La voz se envía hacia la Mobile Switching Center (MSC) por estándar GSM, y los datos se envían hacia el SGSN, vía el PCU sobre una interfase Frame Relay.

4.4 Nuevos Elementos: Nodos GSN

Los dos nuevos nodos del sistema GPRS que manejan la conmutación de paquetes de datos se denominan: El Serving GPRS Support Node (SGSN) y el Gateway GPRS Support Node (GGSN). Estos nodos el SGSN y el GGSN se pueden denotar generalmente como GPRS Support Node (GSN).

Como se vio anteriormente el SGSN proporciona el ruteo de paquetes hacia y desde el área geográfica mientras que el GGSN contiene la interfaz hacia redes de paquetes IP externas.

El SGSN/GGSN físicamente se separa de la parte de circuitos conmutados. Por otro lado la Base Station Controllers (en el sistema GPRS) requiere de una nueva unidad de hardware, llamada Packet Control Unit (PCU).

El SGSN y el GGSN funcionalmente pueden ser combinados en el mismo nodo físico (elemento de red), o pueden residir en diferentes nodos físicos. El SGSN y el GGSN tienen la funcionalidad de GPRS backbone de redes IP, y son interconectados con ruteadores IP.

Principales tareas de SGSN:

- Ruteo de paquetes y transferencia hacia y desde el área SGSN. El tráfico es ruteado desde el SGSN hacia la BSC ó BTS, para finalmente llegar a la estación móvil.
- Seguridad sobre acceso de radio: ciphering y autenticación.
- Administración de movilidad.
- Administración de enlace lógico hacia la estación móvil.
- Conexión hacia nodos propios de GSM: MSC, HLR, BSC, Short Messaging Service Calling Center (SMS-C).
- Record de detalles de llamadas CDRs.

Principales tareas de GGSN:

- Interfase con las redes externas de paquetes IP.
- Funciones de seguridad hacia Internet, por ejemplo cliente de RADIUS.
- Administración de sesión GPRS en nivel IP; comunicación iniciada hacia la red externa.
- Record de detalles de llamadas CDRs.

4.5 Arquitectura GSN

En este apartado se analizará la conveniencia de integrar un sistema de GSN individual ó combinado

La nueva plataforma deberá combinar características usualmente asociadas con la comunicación de datos, tales como compactibilidad y alta funcionalidad, con características de telecomunicaciones, tal como robustez, escalabilidad y alta disponibilidad.

Las principales características que debe de cumplir la nueva plataforma son las siguientes:

- Basado en estándares de la industria tanto en hardware y software.
- El sistema debe soportar la existencia de varias aplicaciones en el mismo nodo. De esta manera es posible implementar un SGSN, un GGSN o un nodo combinado en el mismo hardware.
- Separación de las partes de control y tráfico en diferentes procesos.
Existen tres tipos de procesadores que marcan los estándares:
 - Procesador para central y funciones genéricas, tales como O&M.
 - Procesador de aplicaciones para manejar funciones específicas de GPRS, tales como administración de movilidad.
 - Procesador de dispositivos especializado en manejo de tráfico, en ciertos tipos de interfases, tales como una interfase IP sobre ATM.

La figura 4-1 muestra un diagrama de la arquitectura requerida para separar el tráfico y control del GSN.

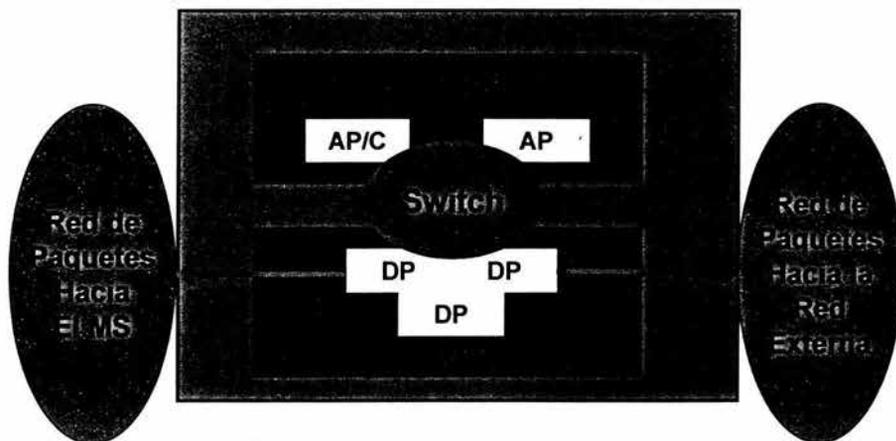


Figura 4-1 Arquitectura para tráfico y control

4.5.1 Subsistemas de GSN

La arquitectura de Software debe consistir de un número de subsistemas que implementen la funcionalidad de Core y funcionalidad de la aplicación.

4.5.2 Subsistema de Core

El subsistema de Core debe cumplir con lo siguiente:

- Implementación de soporte interno y administración de software.
- Implementación de interfases físicas y protocolos para comunicación externa del nodo.
- Implementación de soporte de hardware para otros subsistemas.
- Proporcionar todo la funcionalidad necesaria para desempeñar actividades de OyM.
- Proporcionar funcionalidad de framework para operar el nodo.
- Implementar interfaces gráficas de OyM.

4.5.3 Subsistema de Aplicación

El GSN debe consistir en la parte de Aplicación de lo siguiente:

- Implementación de todos los protocolos usados en el plano de transmisión por el nodo GSN.
- Controlar la funcionalidad asociada a una cierta conexión, por ejemplo administración de movilidad.
- Funcionalidad de VLR en SGSN similar a uno en la MSC.
- Manejo de SMS sobre GPRS.
- Acceso al servidor sobre la red de paquetes externa.
- Desempeñar independencia de GPRS, es decir funciones multiprocesador tales como manejo de dispositivos.

4.5.4 Hardware GSN

Se requiere que el GSN comprenda los siguientes elementos:

- Un gabinete no equipado.
- Una tarjeta no equipada: Backplane y guías PCB.
- Tablero de Potencia y Ethernet.
- Tableros de Procesador.
- Tableros de Interfases.

4.5.5 Características del GSN

Ruteo IP

Se requiere que el GSN incluya un ruteador integrado. La funcionalidad de este ruteador se requiere en el nodo GSN por tres principales razones:

- Para utilizarse como un ruteador primario/secundario para tráfico de IP hacia redes IP.
- Recibir redundancia para interfaces Gn/Gi.
- El ruteador puede también filtrar paquetes IP en todas las interfases IP.

Gateway de Borde

Se requiere incluir un Gateway de borde en el GGSN. Esto compartirá las interfases físicas del GGSN hacia las redes externas y hacia el backbone de la red. El Gateway de borde deberá manejar más de un PLMN.

Carga

Se requiere que se establezca carga compartida en las interfases físicas que van del GGSN hacia el PBN.

4.6 Entradas y Suposiciones

El diseño y dimensionamiento se describe abajo, la condición de que ya existe una red GSM y que será extendida con servicios GPRS. Esta red se describe brevemente en el siguiente apartado.

4.6.1 Red GSM existente

La topología de la red GSM existente para GPRS phase 1 consiste de 4 MSCs. Las MSCs son localizadas en los sitios Localidad 1 (México Norte), Localidad 2 (México Sur), Localidad 3 (Guadalajara) y Localidad 4 (Monterrey). Existen 15 BSCs localizados como se muestra en las siguientes figuras 4-2 y 4-3.

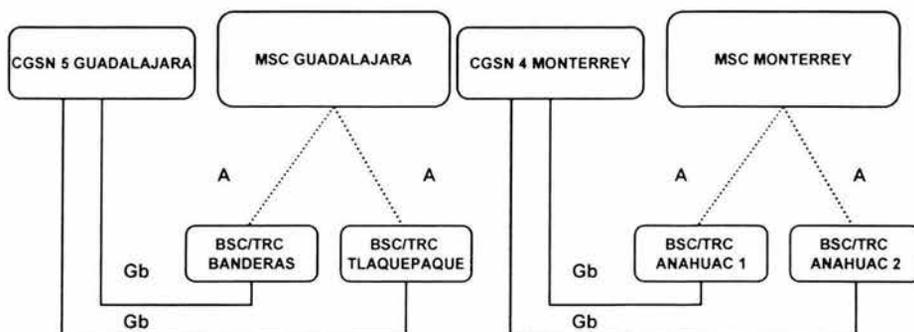


Figura 4-2 Topología GSM/GPRS Guadalajara y Monterrey

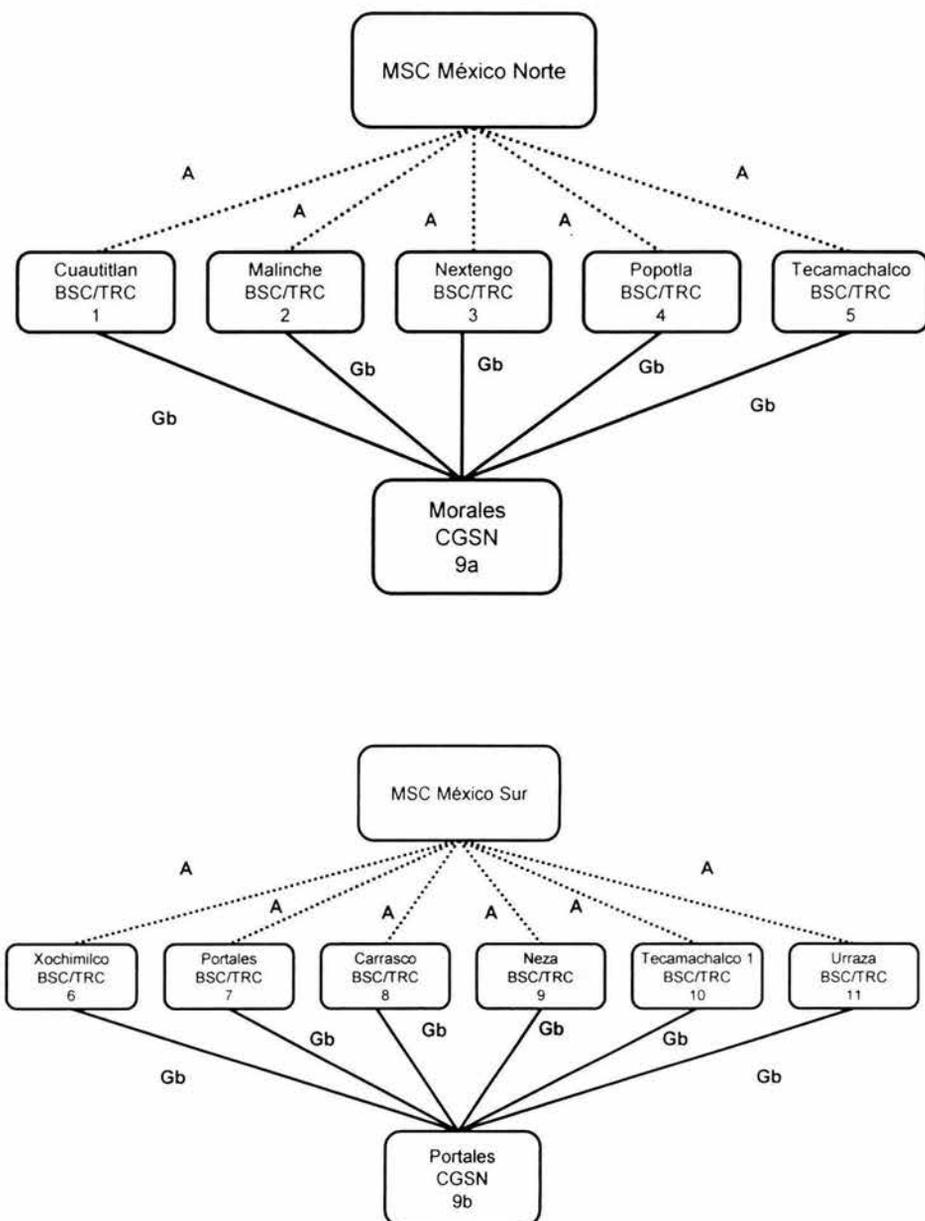


Figura 4-3 Topología GSM/GPRS México

4.6.2 Aplicación de Tráfico

Los parámetros más importantes de entrada son:

- 1,315 000 suscriptores GSM.
- 14% de los suscriptores GSM son suscriptores de GPRS.
- 40% de los suscriptores de GPRS son usuarios registrados simultáneamente (SAU).
- 100 % de los SAU son usuarios activos de aplicaciones GPRS.
- La carga del PDCH se estima que sea de 4.5 Kbps por canal para todos los sitios.
- El tráfico de datos es altamente asimétrico 80% del tráfico total es en Downlink y el 20% es en Uplink.
- Tasa de datos promedio (UL+DL) se asume que será de 60 bps por usuario activo de GPRS durante una hora de ocupación (excluyendo el factor pico).
- La red se dimensiona usando el factor pico 2.
- El tamaño de paquete promedio se asume que es de 300 bytes.

4.6.3 Tráfico de SMS

En promedio cada usuario registrado, durante una hora de ocupación, genera:

- 0.1 mensajes cortos originados.
- 0.4 mensajes cortos terminados.

4.6.4 Tráfico Adicional

El siguiente tráfico se asume que es bajo y por lo tanto se descarta para el dimensionamiento:

- Tráfico de Operación y Mantenimiento.
- Tráfico de DNS.
- Tráfico de NTP.
- Tráfico causado por legal interceptación.

4.6.5 Distribución de Suscriptores

La tabla 4-2 especifica la distribución de los suscriptores en los sitios.

Se asume que estos suscriptores serán distribuidos en las BSCs conectados en cada nodo.

	Total	México	México Norte	México Sur	Guadalajara	Monterrey
Suscriptores GSM	1,314,426	828,088	414,044	414,044	249,741	236,597
Distribución Geográfica	100%	63%	31.5%	31.5%	19%	18%
Penetración de GPRS	14%	14%	14%	14%	14%	14%
Suscriptores de GPRS	184,020	115,932	57,966	57,966	34,964	33,124
% SAU	40%	40%	40%	40%	40%	40%
SAU GPRS	73,608	46,373	23,187	23,187	13,986	13,250
Número de	15	11	5	6	2	2

BSCs						
SAU	por	4,907	4,216	4,638	3,865	6,993
BSC						6,625

Tabla 4-2 Distribución de Suscriptores

4.6.6 Distribución de Tráfico

Se asume también que los suscriptores en las diferentes áreas geográficas tienen un comportamiento de tráfico similar. La distribución de tráfico en la interfaz Gb es por lo tanto proporcional al número de SAU servidos por los diferentes sitios.

La figura 4-4 muestra la distribución del porcentaje de tráfico en las interfases Gb y el número de BSCs conectados a cada nodo.

La distribución geográfica del tráfico de la interfaz Gi no es de acuerdo a la distribución de los suscriptores. La distribución del tráfico de la Gi se realiza de acuerdo a la ubicación de los puntos de interconexión hacia los ISPs y corporativos para estimar la distribución del tráfico de la Gi. La figura 4-5 describe la distribución del tráfico Gi entre las ubicaciones.

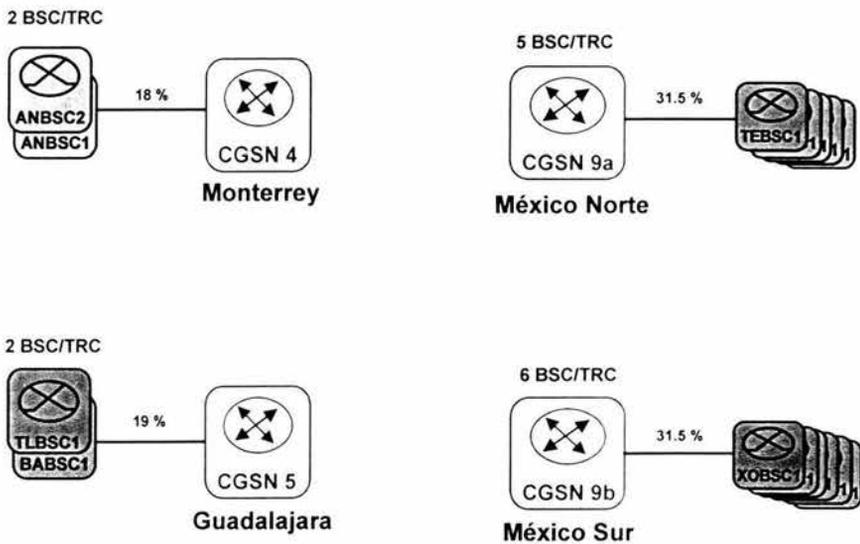


Figura 4-4 Distribución del Tráfico en las Interfases Gb

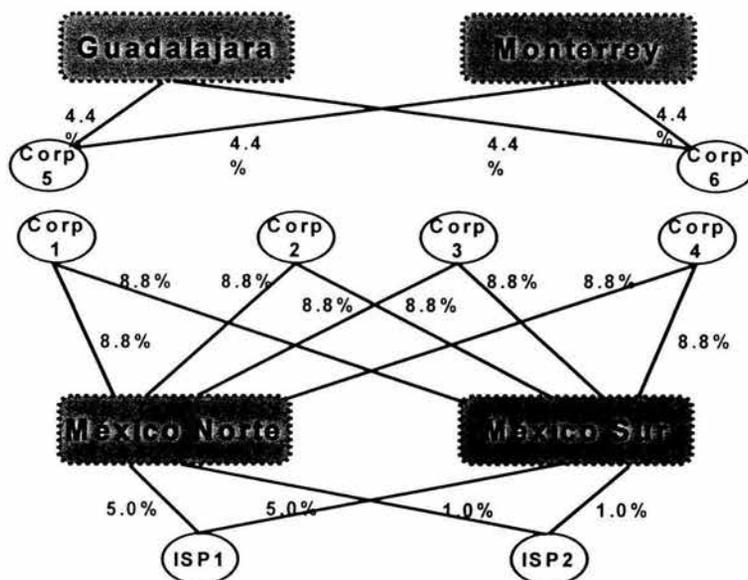


Figura 4-5 Distribución del Tráfico GPRS

4.7 Dimensionamiento de la BSC/PCU

Como ya se ha mencionado GPRS requiere de nuevo software en la BSS y un nuevo Hardware para implementar el Packet Control Unit (PCU). El PCU es responsable de la administración de los recursos de radio de los paquetes de datos de GPRS en la BSS.

La parte más importante del PCU se implementa con un tipo de Procesador Regional (PR) con una interfase PCI (RPP). El RPP proporciona el hardware para el tráfico de paquetes conmutados y señalización entre el SGSN y la BTS en conexiones físicas a través del Grupo de Switcheo (GS).

4.7.1 Entradas

Para el dimensionamiento de hardware, la siguiente información de configuración del producto aplica para el análisis:

Entradas (Hardware Relacionado)	
Número de RPPs por magazine	7
Número de puertos GS requeridos por magazine	512

Para el dimensionamiento de la PCU en este análisis, las siguientes son asunciones generales que aplican al análisis, ver tabla 4-3.

	Unidad	Valor	Nombre
No. De DPD context por SAU		1	PDP_SAU
Promedio de la tasa de datos BH por usuario	Bps	60	Promedio_Tasa_DatosUsuario
Factor Pico		2	Factor Pico
Tamaño de paquetes promedio	bytes	300	Tamaño de Paquetes
UL/DL asimétrico=UL/(UL+DL)	%	20%	UI_Total
Carga PDCH	Kbps	4.5	Carga_PDCH
Factor de Carga en link de la interfaz Gb (utilización)	%	80%	Utilización_Gb
Gb OH	%	21%	OH Gb

Tabla 4-3 Asunciones Generales

4.7.2 Procedimiento

Los RPPs en el PCU desempeñan la función de distribución de los paquetes de datos entre las interfases Abis y Gb.

Cada dispositivo GSL puede manejar un PDCH y cada dispositivo Gb usa un timeslot de 64 Kbps (TS).

La interfase Gb será dimensionada para servir el tráfico total promedio de payload en todos los PDCHs en la interfase Abis.

Tráfico de datos de la interfase Gb \geq Tráfico de datos de la interfase Abis

El tráfico promedio de datos por usuario se asume que es altamente asimétrico. El tráfico de datos de usuario en la dirección de DownLink (DL) se asume que será el 80% del tráfico total de datos, donde el 20% del tráfico de datos restantes será en la dirección de Uplink (UL). Por lo tanto, el dimensionamiento del PCU se basa en el tráfico de Downlink.

El dimensionamiento del PCU muestra los siguientes resultados:

Tasa de datos de usuario_DL = 48 bps

Notar en la configuración del RPP. En este caso se considera la optimización de los RPPs.

En este caso, el número de dispositivos GSL es 150, y el número máximo de dispositivos Gb en uso por RPP es 18.

4.7.3 Resultados

Los resultados del dimensionamiento del PCU son presentados en terminos de:

- Número de dispositivos Gb requeridos y disponibles y PDCHs por BSC.
- Throughput requerido y disponible en la interfase Gb.

Los resultados del dimensionamiento de la BSC/PCU se muestran en la tabla 4-4.

	Méx. Sur	Mex. Norte	Guadalajara	Monterrey
Hardware de Paquetes en BSC	BYB501	BYB501	BYB501	BYB501
Distribución Geográfica	31.5%	31.5%	19%	18%
No. de Suscriptores GPRS	57966	57966	34964	33124
No. de SAUs	23187	23187	13986	13250
No. de BSCs	5	6	2	5
No. de SAU por BSC	4638	3865	6993	4638
Calculo por BSC				
Dispositivos necesarios de Gb por BSC	11	9	16	16
Dispositivos necesarios GSL por BSC	99	83	150	142
RPP necesarios por BSC, debido a la capacidad req.	1	1	1	1
RPP necesarios por BSC, debido a la redundancia req.	2	2	2	2
Enlaces Gb (ETCs) necesarios por BSC, por redundancia	2	2	2	2
Magazin BYB501 necesario por BSC	1	1	1	1
Gb Throughput				
Gb Throughput requerido (Mbps)	3.52	3.4	2.048	2.048
Gb Throughput disponible (Mbps)	5.76	6.9	2.3	2.3
Gb Throughput utilización	61.1%	49.2%	89%	89%

Tabla 4-4 Resultados del Dimensionamiento BSC/PCU

Nótese que el throughput requerido de la Gb se refiere al número de BSCs y al número de dispositivos Gb requeridos por la BSC. El throughput de la interfase Gb disponible dependerá del número de BSCs, número de RPPs por BSC y número de dispositivos Gb disponibles por RPP. La utilización del throughput de la interfase Gb es la relación entre el throughput requerido y el throughput disponible.

Comentarios:

El número total de RPPs requeridos se basa en la necesidad de RPP por BSC, debido a los requerimientos de redundancia, los cuales son 2 RPPs por BSC.

La configuración del PCU puede ser:

- Por BSC BYB 501, PCU 501, 2 RPPs + 2 EPSB, configuración inicial

4.8 Dimensionamiento del Nodo GSN

Para la solución de GPRS, los dos nuevos nodos el Serving GPRS Support Node (SGSN) y el Gateway GPRS Support Node (GGSN) se integran. Para una configuración flexible de la red, la funcionalidad del SGSN y el GGSN se pueden combinar dentro de un elemento físico de la red llamado SGSN y GGSN Combinado (CGSN).

Para el dimensionamiento del GSN, es necesario obtener valores de parámetros que describen la capacidad del nodo GSN, así como los valores correspondientes de la red, los cuales también son dimensionados.

4.8.1 Capacidad del Nodo

El siguiente nodo GSN puede ser integrado en el inicio de la red, ver tabla 4-5.

	SAU	PDP-CONTEXT	Mbps	Kpps
CGSN 2.1	80,000	80,000	24	10
<ul style="list-style-type: none"> • CGSN-Nuevo Hardware 				

Tabla 4-5 Capacidad GSN

Procedimientos

Para el dimensionamiento del GSN, los siguientes factores son considerados:

- Usuarios simultáneamente Atacados (SAU).
- Número de PDP context en SGSN (S PDP).
- Número de PDP context en GGSN (G PDP).
- Total Throughput del nodo GPRS.
- Puertos de Interfaces Gb.

El número de S_PDP Context es el mismo que el número total de G_PDP Context en la red. El número de S_PDP Context por SGSN es igual al número de SAU registrados en el nodo, donde el número de G_PDP Context por GGSN se asume que es proporcional al tráfico de la interfaz Gi en el GGSN correspondiente.

El número de nodos GSN se estudia para que la capacidad sea suficiente debido a todos los factores que limitan la capacidad.

4.8.2 Resultados

El número de nodos GSN se determinó por la complejidad entera de la red, considerando el número total de suscriptores que simultáneamente se encuentran registrados en la red GPRS, y también por la distribución de todas las ubicaciones por separado, y considerando el número de suscriptores registrados en cada localidad respectivamente.

Después de que se tomó la decisión de las posiciones de los nodos se prosigue con lo siguiente.

4.8.3 Número de Nodos GSN requeridos para la Integración de la Red GPRS

En la tabla 4-6 se presenta los resultados del dimensionamiento de los nodos GSN. El equipamiento que será implementado es el Nokia CGSN 2.1 en HW Mk III.

Resultados del Dimensionamiento del GSN	Total	México Sur	México Norte	Guadalajara	Monterrey
Distribución del Subscriptor	100%	31.5%	31.5%	19%	18%
Distribución del Tráfico Gi	100%	41.2%	41.2%	8.8%	8.8%
SAU	73608	23187	23187	13986	132250
PDP_Context_SGSN	73608	23187	23187	13986	13250
PDP_Context_GGSN	73608	30327	30327	6478	6478
Throughput Kbps SGSN	8832.9	2782.382	2782.382	1678.262	1589.932

Throughput Kbps GGSN	8832.9	3639.179	3639.179	777.3	777.3
Resultados					
No. De CGSN, debido a SAU	1	1	1	1	1
No. De CGSN, debido a PDP Context SGSN	1	1	1	1	1
No. De CGSN, debido a PDP Context GGSN	1	1	1	1	1
No. De CGSN, debido al Throughput Mbps	1	1	1	1	1
No. De CGSN, debido al Throughput Kpps	1	1	1	1	1
No. De CGSN Necesarios	4	1	1	1	1
Utilización					
Utilización de la Capacidad de SAU		29%	29%	17.4%	17%
Utilización de la Capacidad del PDP Context SGSN		29%	29%	17.4%	17%
Utilización de la Capacidad del PDP Context GGSN		38%	38%	8%	8%
Utilización de la Capacidad del Throughput en Mbps		12%	12%	7%	7%
Utilización de la Capacidad del Throughput en Kpps		12%	12%	7%	7%

Tabla 4-6 Dimensionamiento de los Nodos GSN

4.8.4 GSN con referencia a la Capacidad y Demandas Topológicas

Se establecen las siguientes conclusiones con referente al número de GSN necesarios en la red:

- Con la capacidad de manda en el primer año de operación, mínimo 4 CGSNs (Nokia GSN 2.1 Mk III) son necesarios en la red en estudio.
- Debido a la distribución de usuarios en diferentes sitios, al menos un CGSN para cada ubicación es necesario. Esto resulta un total de cuatro CGSN requeridos en la red, en la Ciudad de México serán dos CGSN debido a propósitos de capacidad y redundancia (la mayoría de los corporativos se localizan en la Ciudad de México) y dos CGSNs para otras ubicaciones.
- Los factores que limitan la capacidad son capacidades para manejar SAU y PDP Context. La utilización de la capacidad del throughput es hasta del 12%, el cual proporciona un buen margen para el incremento de aplicaciones de los usuarios.
- El número requerido de puertos Gb es suficiente en todos los sitios.

Finalmente, cuatro nodos GSN serán instalados: uno en México Norte, uno en México Sur, uno en Monterrey y otro en Guadalajara.

4.8.5 Estructura de la Red GPRS

Podemos definir dos diferentes tipos de sitios en esta primera fase de la red:

Sitios Primarios: estos sitios serán conectados a cada otro con alta capacidad y enlaces de alta velocidad. Estos transportan largas cantidades de tráfico posiblemente entre regiones geográficas o regiones con alta concentración de usuarios. Estos sitios se conectan hacia la

capa mayor de la estructura jerárquica de la red denominado el núcleo de la red. Son capaces de manejar la conectividad de la baja densidad de los sitios secundarios, los cuales son conectados a ellos.

4.9 Interfase Gb

La interfase ó red Gb conecta las BSC-PCUs hacia el SGSN asignado de la red GPRS. En este diseño se considera que las conexiones serán de punto a punto entre la PCU y el SGSN asignado.

4.9.1 Propósito

El propósito de este apartado es describir el Servicio de Red (NS) y la red Frame Relay (FR) necesarias para el tráfico Gb en la red core de GPRS. La conectividad de Gb que se requiere entre las BSCs y los CGSNs se describe con un número de topología de red y tablas de configuración.

4.9.2 Solución de la Red

La figura 4-6 muestra la interconexión entre las PCUs y los CGSNs que emplean la configuración de enlace directo punto a punto.

La interfase Gb se puede describir en dos niveles:

- El Servicio de Red describe las conexiones de punto final a punto final entre las entidades de los Servicios de Red, los cuales son los CGSNs y PCUs.
- Frame Relay describe los PVCs (Conexiones Virtuales Permanentes). Los PVCs son conexiones establecidas en forma permanente, que se utilizan en transferencias de datos frecuentes y constantes entre los dispositivos DTE a través de la red Frame Relay¹¹.

¹¹ FORD, Merilee. *Tecnologías de Interconectividad de Redes*. Pág. 139

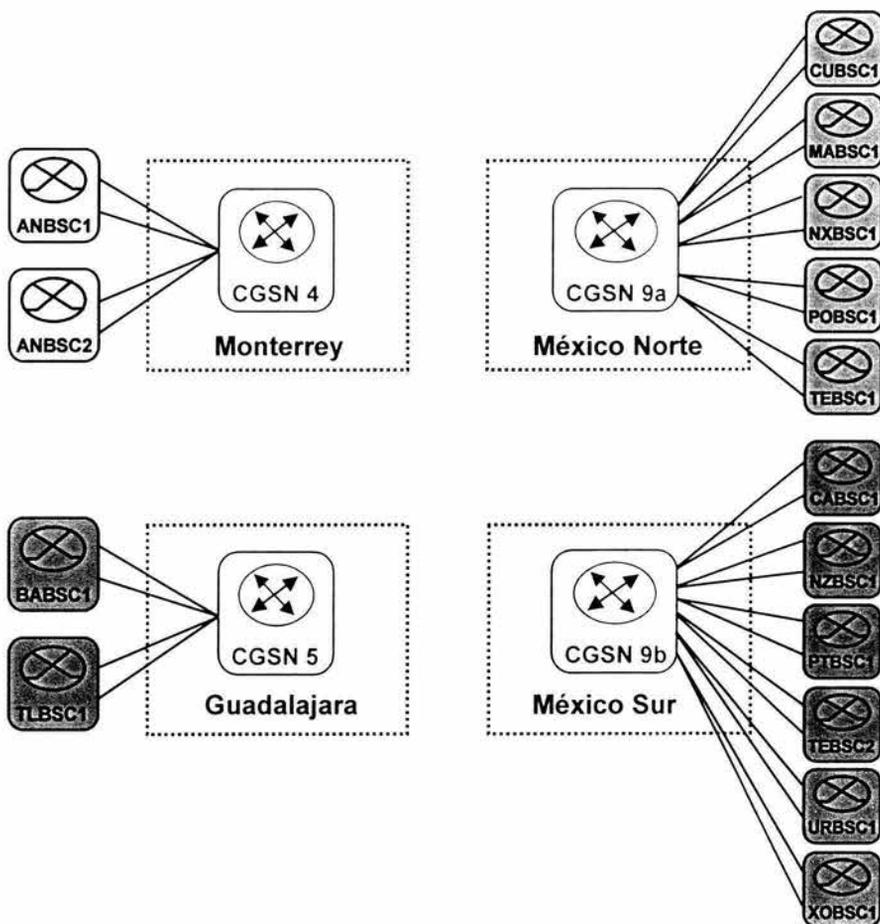


Figura 4-6 Interconexión de las PCUs y los CGSNs

4.9.3 Interfases Físicas (L1bis)

Las Interfases Físicas que se utilizarán en esta red son:

- Canalizados – Canales de 64 kbit/s (E1).

4.9.4 Capa Servicio de Red

En el lado del BSS, la interfase Gb se conecta en la Unidad de Control de Paquetes (PCU). Cada PCU será configurado con un NSE (Network Service Entity), representando el protocolo NS en el lado de BSS, donde el SGSN será configurado con varios NSEs como BSCs/PCUs sean conectados a este. La comunicación de las Entidades de Servicio de Red en ambos lados de

una interfase Gb esta asociada por medio del mismo identificador de identidad del servicio de Red (NSEI). Un NSE se comunica solamente con su NSE de la contraparte.

4.9.5 Servicio de Sub-Red – Servicio Frame Relay

El servicio de sub-red se implementa en este diseño de GPRS y se emplea el protocolo Frame Relay.

La interfase Gb consiste de:

- Conexiones directas punto a punto entre la BSS y el SGSN; El BSS será considerado como el lado del usuario de la interfase usuario-a-red (UNI) y el SGSN será considerado como el lado de la red.

Frame Relay 1.1 soporta dos bytes para el identificador del Control de Enlace de Datos (DLCI).

4.9.6 Control de Servicio de Red

El protocolo de Control de Servicio de Red se comunica vía las Conexiones Virtuales del Servicio de Red (NS-VCs), las cuales son Circuitos Virtuales Permanentes Frame Relay (PVCs), con funcionalidad adicional específica del Servicio de Red para administración de NS-VCs.

Una NS-VC se identifica *end-to-end* por medio del identificador NS-VC (NS-VCI).

La capa de Control de Servicio de Red define un NS-VC para cada PVC Frame Relay y un NSE para cada grupo de NS-VCs que tienen el mismo usuario NS.

El Control de Servicios de Red es responsable de las siguientes funciones:

- Los PDUs BSSGP son transmitidos en los NS-VCs.
- Compartición de carga que distribuye el tráfico BSSGP en los disponibles y no bloqueados NS-VCs de un grupo. La función de carga compartida asegura el liberamiento de todos los PDUs BSSGP de la misma Estación Móvil, por lo cual los PDUs BSSGP serán enviados vía el mismo NS-VC.

4.9.7 Suposiciones de Diseño

El diseño de la interfase Gb debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Las BSCs serán conectadas a su nodo CGSN correspondiente usando enlaces directos punto a punto.
- El tráfico de datos se basa en el dimensionamiento y escalamiento GPRS.
- Doble PVCs para cada BSC por redundancia en diferentes enlaces físicos.
- 60% de utilización del enlace E1.

4.9.8 Dimensionamiento PCU Gb

El número de dispositivos Gb tiene que ser calculado de acuerdo a la tabla 4-7.

De acuerdo al dimensionamiento GPRS, podemos calcular el número de dispositivos Gb.

CGSN4				
Región	BSC	Nombre del Nodo	1° PVC	2° PVC
4	Anahuac I	ANBSC1	16	16
4	Anahuac II	ANBSC2	16	16
CGSN5				
Región	BSC	Nombre del Nodo	1° PVC	2° PVC
5	Banderas	BABSC1	16	16
5	Tlaquepaque	TLBSC1	16	16
CGSN9 Norte				
Región	BSC	Nombre del Nodo	1° PVC	2° PVC
9	Cuautitlan	CUBSC1	11	11
9	Malinche	MABSC1	11	11
9	Nextengo	NXBSC1	11	11
9	Popotla	POBSC1	11	11
9	Tecamachalco I	TEBSC1	11	11
CGSN9 Sur				
Región	BSC	Nombre del Nodo	1° PVC	2° PVC
9	Xochimilco	XOBSC1	9	9
9	Portales	PTBSC1	9	9
9	Carrasco	CABSC1	9	9
9	Neza	NZBSC1	9	9
9	Tecamachalco II	TEBSC2	9	9
9	Urraza	URBSC1	9	9

Tabla 4-7 Número de Dispositivos Gb necesarios para cada BSC

4.9.9 Redundancia

Cada BSC tendrá PVCs dobles en separados ETCs con carga compartida entre estos, y terminarán en troncales E1 en diferentes tarjetas del nodo CGSN.

4.9.10 Diagramas de la Red Gb

Servicios de Red

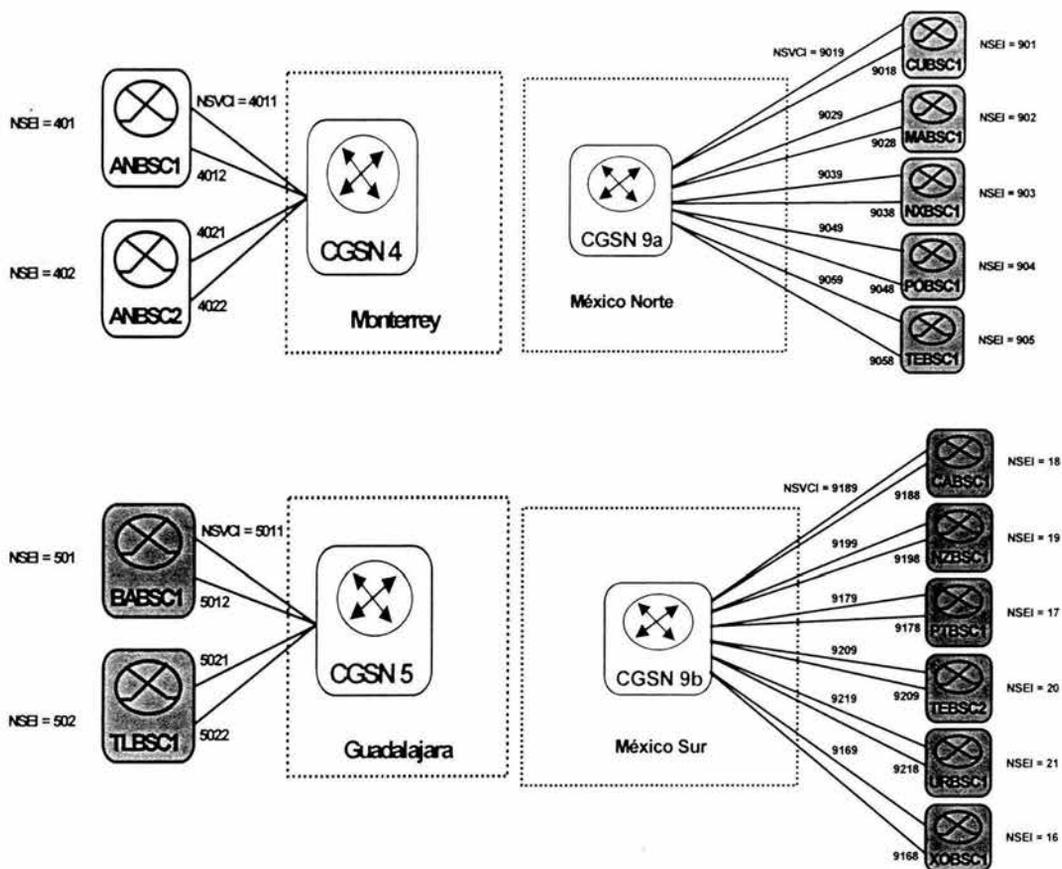


Figura 4-7 Vista de Servicios de Red

Frame Relay

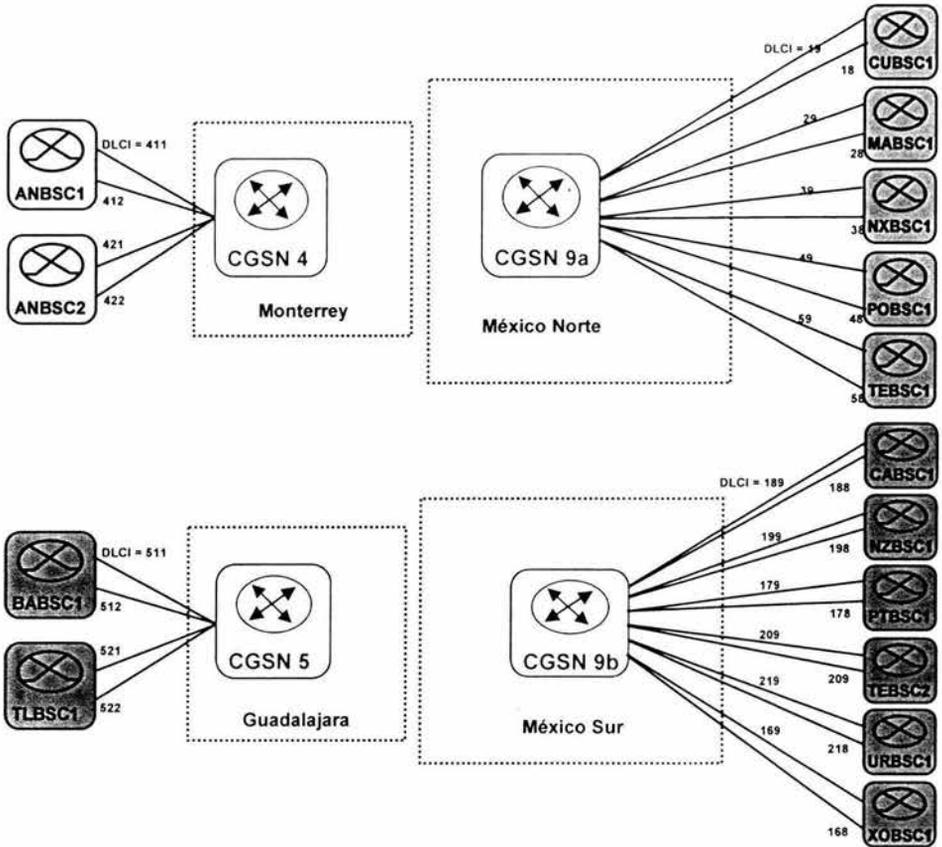


Figura 4-8 Vista de Frame Relay

4.9.11 Configuración de Datos

CGSN

Datos Comunes de Frame Relay

Como ya hemos mencionado en este trabajo de tesis, el GPRS SGSN y el BSC/PCU se conectarán usando conexiones punto a punto. La BSC/PCU actuará como el lado de equipamiento de usuario (Data Terminal Equipment, DTE) en la interfase de usuario a red (UNI) donde el SGSN actuará como el lado de red (Data Communication Equipment, DCE).

BE	BC	Role	Máx. Tamaño de Trama	Tipo de PCM
0	CIR	DCE	1600 bytes	Canalizado

Tabla 4-8 Datos Comunes de Frame Relay para todos los CGSNs

CGSN Región 9 México Norte

Servicio de Red

Nombre del Nodo BSC/TRC	NSEI	NSVCI
CUBSC1	901	9019
CUBSC1	901	9018
MABSC1	902	9029
MABSC1	902	9028
NXBSC1	903	9039
NXBSC1	903	9038
POBSC1	904	9049
POBSC1	904	9048
TEBSC1	905	9059
TEBSC1	905	9058

Tabla 4-9 Información de Servicio de Red

Frame Relay

Nombre del Nodo BSC/TRC	DLCI	CIR (kbps)	TRUNK	Equipamiento Id.
CUBSC1	19	704	1	1.6.1.1
CUBSC1	18	704	1	1.7.1.1
MABSC1	29	704	3	1.6.1.1
MABSC1	28	704	3	1.7.1.1
NXBSC1	39	704	1	1.8.1.1
NXBSC1	38	704	1	2.2.1.1
POBSC1	49	704	3	1.8.1.1
POBSC1	48	704	3	2.2.1.1
TEBSC1	59	704	1	2.3.1.1
TEBSC1	58	704	1	2.4.1.1

Tabla 4-10 Información de Frame Relay

CGSN Región 9 México Sur

Servicio de Red

Nombre del Nodo BSC/TRC	NSEI	NSVCI
XOBSC1	16	9169
XOBSC1	16	9168
PTBSC1	17	9179
PTBSC1	17	9178
CABSC1	18	9189
CABSC1	18	9188
NZBSC1	19	9199
NZBSC1	19	9198
TEBSC2	20	9209

TEBSC2	20	9208
URBSC1	21	9219
URBSC1	21	9218

Tabla 4-11 Información de Servicio de Red

Frame Relay

Nombre del Nodo BSC/TRC	DLCI	CIR (kbps)	TRUNK	Equipamiento Id.
XOBSC1	169	576	1	1.6.1.1
XOBSC1	168	576	1	1.7.1.1
PTBSC1	179	576	3	1.6.1.1
PTBSC1	178	576	3	1.7.1.1
CABSC1	189	576	1	1.8.1.1
CABSC1	188	576	1	2.2.1.1
NZBSC1	199	576	3	1.8.1.1
NZBSC1	198	576	3	2.2.1.1
TEBSC2	209	576	1	2.3.1.1
TEBSC2	208	576	1	2.4.1.1
URBSC1	219	576	3	2.3.1.1
URBSC1	218	576	3	2.4.1.1

Tabla 4-12 Información de Frame Relay

CGSN Región 4 Monterrey

Servicio de Red

Nombre del Nodo BSC/TRC	NSEI	NSVCI
ANBSC1	401	4011
ANBSC1	401	4012
ANBSC2	402	4021
ANBSC2	402	4022

Tabla 4-13 Información de Servicio de Red

Frame Relay

Nombre del Nodo BSC/TRC	DLCI	CIR (kbps)	TRUNK	Equipamiento Id.
ANBSC1	411	1024	1	1.6.1.1
ANBSC1	412	1024	1	1.7.1.1
ANBSC2	421	1024	3	1.6.1.1
ANBSC2	422	1024	3	1.7.1.1

Tabla 4-14 Información de Frame Relay

CGSN Región 5 Guadalajara

Servicio de Red

Nombre del Nodo BSC/TRC	NSEI	NSVCI
BABSC1	501	5011
BABSC1	501	5012

TLBSC2	502	5021
TLBSC2	502	5022

Tabla 4-15 Información de Servicio de Red

Frame Relay

Nombre del Nodo BSC/TRC	DLCI	CIR (kbps)	TRUNK	Equipamiento Id.
BABSC1	511	1024	1	1.6.1.1
BABSC1	512	1024	1	1.7.1.1
TLBSC2	521	1024	3	1.6.1.1
TLBSC2	522	1024	3	1.7.1.1

Tabla 4-16 Información de Frame Relay

BSC

Configuración de datos de la interfase Gb a nivel BSC

En las siguiente tablas se establecen las características de conexión de las interfases Gb de las BSC/TRCs de cada región.

BSCs de Región 4 Monterrey

BSC/TRC Anahuac 1

	Trayectoria Digital	Dispositivos	NSEI	NSVCI	DLCI	NUMDIV / Time Slots
1er. PVC	0dipgb	Rtgb-1 . . Rtgb-16	401	4011	411	16
2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33 . . Rtgb-48	401	4012	412	16

Tabla 4-17 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Anahuac I

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Anahuac I mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=401;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=4011,NSEI=401,DLCI=411,NUMDEV=16,
RRVBE:NSVCI=4011;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=4012,NSEI=401,DLCI=412,NUMDEV=16;

		Rtgb-11				
2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33	901	9018	18	11
		.				
		.				
		Rtgb-43				

Tabla 4-21 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Cuautitlan

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Cuautitlan mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=901;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9019,NSEI=901,DLCI=19,NUMDEV=11;

RRVBE:NSVCI=9019;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9018,NSEI=901,DLCI=18,NUMDEV=11;

RRVBE:NSVCI=9018;

BSC/TRC Malinche

	Trayectoria Digital	Dispositivos	NSEI	NSVCI	DLCI	NUMDIV / Time Slots
1er. PVC	0dipgb	Rtgb-1	902	9029	29	11
		.				
		.				
		Rtgb-11				
2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33	902	9028	28	11
		.				
		.				
		Rtgb-43				

Tabla 4-22 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Malinche

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Malinche mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=902;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9029,NSEI=902,DLCI=29,NUMDEV=11;

RRVBE:NSVCI=9029;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9028,NSEI=902,DLCI=28,NUMDEV=11;

RRVBE:NSVCI=9028;

BSC/TRC Nextengo

	Trayectoria Digital	Dispositivos	NSEI	NSVCI	DLCI	NUMDIV / Time Slots
1er. PVC	0dipgb	Rtgb-1 . . . Rtgb-11	903	9039	39	11
2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33 . . . Rtgb-43	903	9038	38	11

Tabla 4-23 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Nextengo

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Nextengo mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=903;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9039,NSEI=903,DLCI=39,NUMDEV=11;
RRVBE:NSVCI=9039;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9038,NSEI=903,DLCI=38,NUMDEV=11;
RRVBE:NSVCI=9038;

BSC/TRC Popotla

	Trayectoria Digital	Dispositivos	NSEI	NSVCI	DLCI	NUMDIV / Time Slots
1er. PVC	0dipgb	Rtgb-1 . . . Rtgb-11	904	9049	49	11
2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33 . . . Rtgb-43	904	9048	48	11

Tabla 4-24 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Popotla

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Popotla mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=904;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9049,NSEI=904,DLCI=49,NUMDEV=11;
RRVBE:NSVCI=9049;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9048,NSEI=904,DLCI=48,NUMDEV=11;
RRVBE:NSVCI=9048;

BSC/TRC Tecamachalco I

	Trayectoria Digital	Dispositivos	NSEI	NSVCI	DLCI	NUMDIV / Time Slots
1er. PVC	0dipgb	Rtgb-1 . . . Rtgb-11	905	9059	59	11
2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33 . . . Rtgb-43	905	9058	58	11

Tabla 4-25 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Tecamachalco I

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Tecamachalco I mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=905;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9059,NSEI=905,DLCI=59,NUMDEV=11;
RRVBE:NSVCI=9059;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9058,NSEI=905,DLCI=58,NUMDEV=11;
RRVBE:NSVCI=9058;

BSCs de Región 9 México Sur

BSC/TRC Tecamachalco II

	Trayectoria Digital	Dispositivos	NSEI	NSVCI	DLCI	NUMDIV / Time Slots
1er. PVC	0dipgb	Rtgb-1 . . . Rtgb-9	20	9209	209	9

2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33 . . . Rtgb-41	20	9208	208	9
---------	--------	-----------------------------------	----	------	-----	---

Tabla 4-26 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Tecamachalco II

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Tecamachalco II mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=20;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9209,NSEI=20,DLCI=209,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9209;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9208,NSEI=20,DLCI=208,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9208;

BSC/TRC Urraza

	Trayectoria Digital	Dispositivos	NSEI	NSVCI	DLCI	NUMDIV / Time Slots
1er. PVC	0dipgb	Rtgb-1 . . . Rtgb-9	21	9219	219	9
2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33 . . . Rtgb-41	21	9218	218	9

Tabla 4-27 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Urraza

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Urraza mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=21;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9219,NSEI=21,DLCI=219,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9219;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9218,NSEI=21,DLCI=218,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9218;

RRNEI:NSEI=18;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9189,NSEI=18,DLCI=189,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9189;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9188,NSEI=18,DLCI=188,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9188;

BSC/TRC Portales

	Trayectoria Digital	Dispositivos	NSEI	NSVCI	DLCI	NUMDIV / Time Slots
1er. PVC	0dipgb	Rtgb-1 Rtgb-9	17	9179	179	9
2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33 Rtgb-41	17	9178	178	9

Tabla 4-30 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Portales

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Portales mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=17;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9179,NSEI=17,DLCI=179,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9179;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9178,NSEI=17,DLCI=178,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9178;

BSC/TRC Xochimilco

	Trayectoria Digital	Dispositivos	NSEI	NSVCI	DLCI	NUMDIV / Time Slots
1er. PVC	0dipgb	Rtgb-1 Rtgb-9	16	9169	169	9
2º. PVC	1dipgb	Rtgb-33 Rtgb-41	16	9168	168	9

			Rtgb-41				
--	--	--	---------	--	--	--	--

Tabla 4-31 Datos de Conexión de la Interfase Gb de la BSC Xochimilco

Definición de parámetros Frame Relay en la BSC/TRC Xochimilco mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación):

Definición de las Network Service Identity del PCU:

RRNEI:NSEI=16;

Definición de Network Service Identity

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9169,NSEI=16,DLCI=169,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9169;

RRNSI:DEV=RTLTB-30,NSVCI=9168,NSEI=16,DLCI=168,NUMDEV=9;
RRVBE:NSVCI=9168;

4.9.12 Distribución de enlaces E1 de las BSCs en los Nodos CGSNs

CGSN 9 México Norte

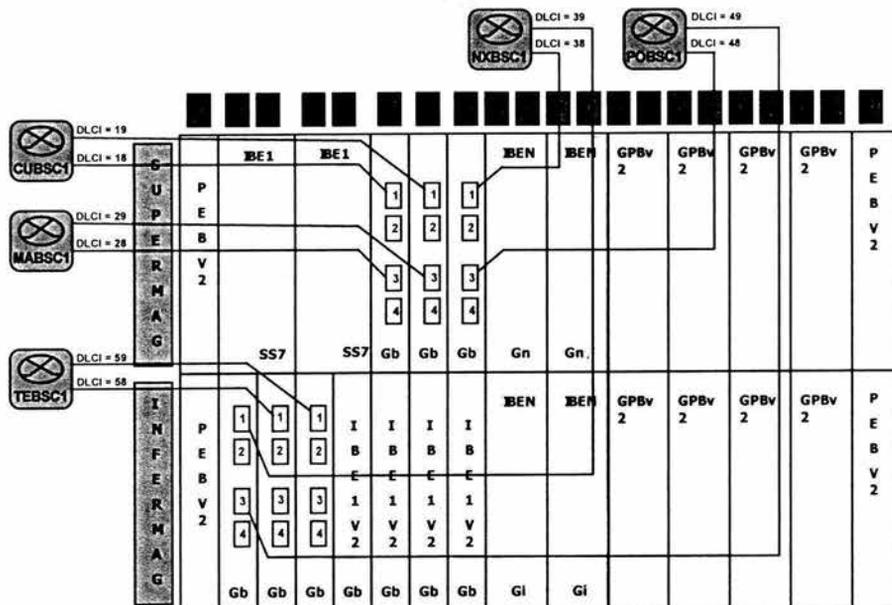


Figura 4-9 Distribución de Enlaces E1 en CGSN México Norte

CGSN 9 México Sur

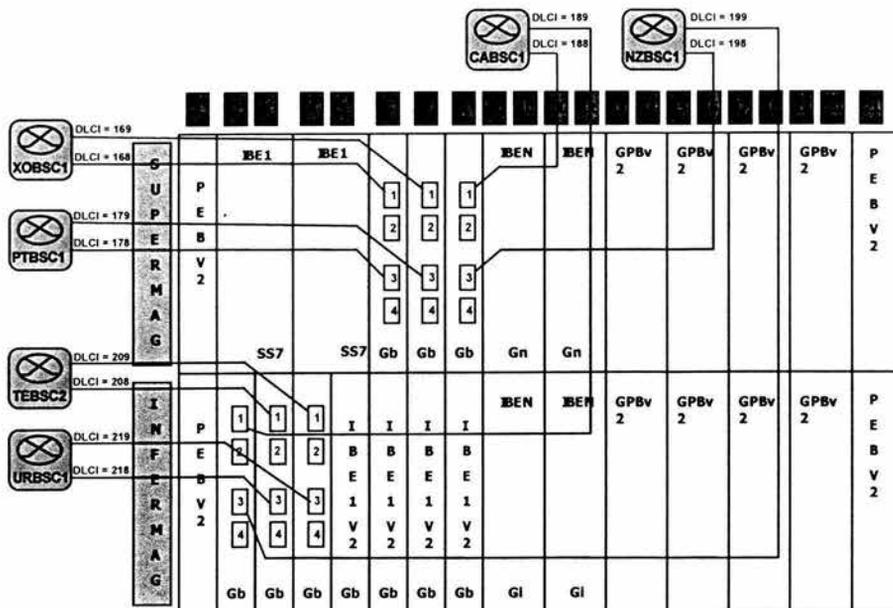


Figura 4-10 Distribución de Enlaces E1 en CGSN México Sur

CGSN 5 Guadalajara

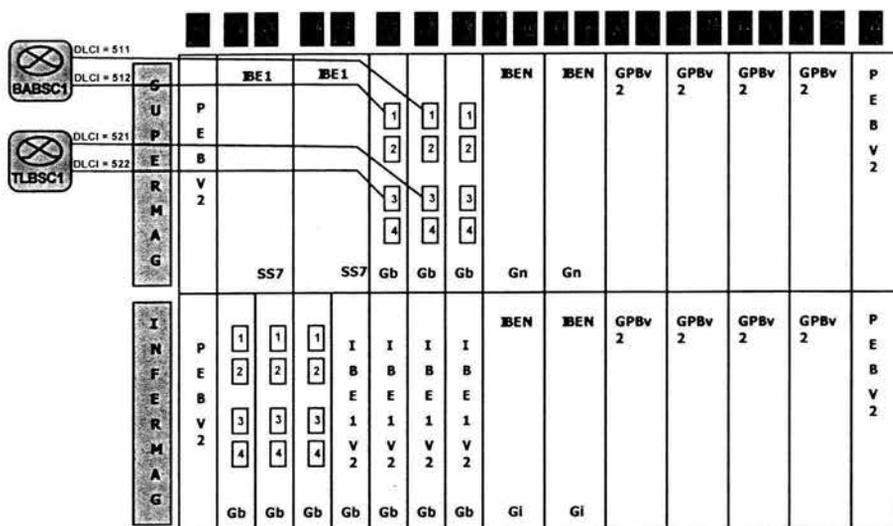


Figura 4-11 Distribución de Enlaces E1 en CGSN Guadalajara

CGSN 4 Monterrey

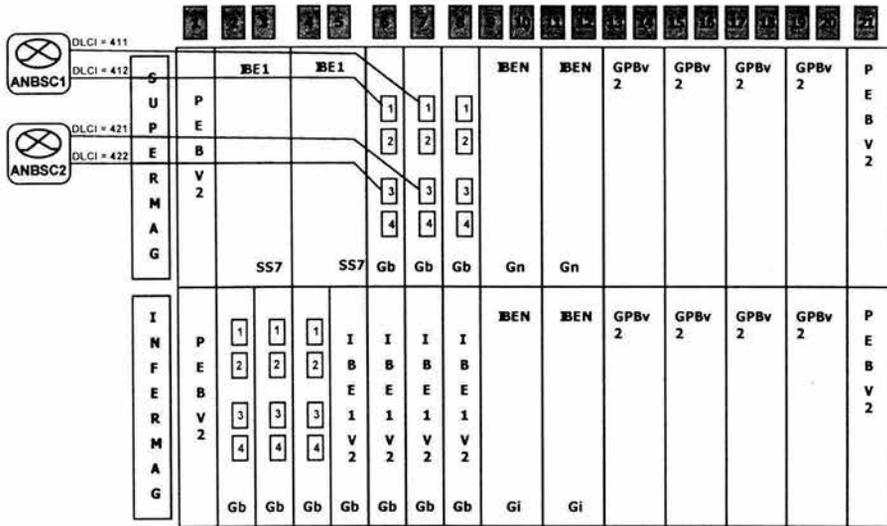


Figura 4-12 Distribución de Enlaces E1 en CGSN Monterrey

4.10 Interfases Gd y Gr (Señalización de GPRS)

En este apartado describimos el dimensionamiento de las interfases de señalización de GPRS Gr y Gd.

4.10.1 Interfases SS7

Las siguientes interfases usaran la interfase SS7 para propósitos de señalización.

- Interfase Gd (Interfase del SGSN hacia el Gateway SMS)
- Interfase Gr (Interfase del SGSN hacia HLRs)

4.10.2 Carga de Señalización de Interfases Gr/Gd

La carga de señalización para los cuatro CGSNs de la red diseñada se estima con base en un modelo de tráfico GPRS genérico. Dos escenarios se han investigado para el tráfico de Gr y Gd:

1. Tráfico promedio por hora ocupada
2. Carga promedio después de reiniciar el GSN.

Los enlaces de señalización son dimensionados para el 30% de carga promedio, como el tráfico de señalización es muy alto (explosivo). En el caso de un reinicio del GSN se considera como una situación de falla y para este caso el 60% de carga consideramos como criterio de dimensionamiento.

Consideramos que dos enlaces de señalización de 64 kbits/s es suficiente para transportar el tráfico de SS7

4.10.3 Interfase Gd

La interfase Gd se emplea para transferir los SMS originados por el móvil desde el SGSN hacia el SMS-IWMSC, y los mensajes SMS terminados por el móvil desde el SMS-GMSC hacia el SGSN.

Cada SGSN tiene contacto con varios centros de servicio en la misma PLMN y potencialmente con muchos centros de servicio en otros PLMNs (con los cuales existen acuerdos de roaming). El remitente especifica el centro de servicio por donde pasará el mensaje corto. El SGSN contacta el respectivo centro de servicio para cada mensaje corto originado. Un centro de servicio contacta el SGSN en el cual se encuentra registrado la estación móvil que recibirá un mensaje corto.

4.10.4 Interfase Gr

La interfase Gr se usa por un SGSN para recobrar información de autenticación y suscripción desde un HLR y para informar al respectivo HLR de la ubicación de la estación móvil. La interfase Gr es una interfase lógica que se basa en el protocolo MAP, la cual utiliza la tecnología de señalización SS7 (MTP, SCCP y TCAP), por otro lado el CGSN soporta varios estándares de SS7 entre ellos están los de ITU-T.

Cada SGSN tiene contacto con todos los nodos HLR en la misma PLMN y potencialmente con todos los nodos HLR en otros PLMNs (con los cuales existen acuerdos de roaming). Desde que una estación móvil tiene una asociación a exactamente un HLR, un SGSN contacta el respectivo HLR para cada estación móvil registrado en este SGSN.

4.10.4.1 Entrada

Un SGSN no puede tener conexiones directas hacia todos los nodos de HLR, todos los centros de servicio y todas las MSCs. Por lo tanto es necesario implementar un backbone de SS7. Este backbone de SS7 existe en todas las redes GSM. La tarea es por lo tanto conectar los nodos SGSN eficientemente hacia el existente backbone de SS7.

Se consideran dos escenarios: Tráfico promedio por hora ocupada y carga promedio después de reiniciar el GSN.

Para diseñar los enlaces de señalización para las interfaces Gd y Gr, la siguiente información se proporciona por la entrada dada en el modelo de tráfico, ver tabla 4-32.

Parámetros de Entrada	Nombre	Valor	Unidad
No. de mensajes MO SMS por hora por SAU	NdMoSM	0.1	1/h
No. de mensajes MT SMS por hora por SAU	NdMtSM	0.4	1/h
No. de registro/desregistro por hora	NdAttach	0.2	1/h
No. de actualizaciones de routing-area Inter.-SGSN por hora por SAU	NdInterSgsnRau	0.05	1/h
No. de actualizaciones de routing-area Intra.-SGSN por hora por SAU	NdIntraSgsnRau	0.5	1/h
No. de actualizaciones de routing-area periódico por hora y por SAU		0.9	1/h

Frecuencia de Purgamiento de un Suscriptor	NdPurgedMs	0.05	1/h
No. de tipo de terminales A y B	NdAB_Ms	0	
No. de intentos de llamada por hora ocupada por SAU en MSC	HOCA_MSC		
No. de Autenticaciones Trillizo recibidos después de una solicitud	NdTrillizo	3	
Tasa de Autenticación Selectiva	NdSelAut	5	
Máximo número de PDP Contexts	NdPdpCont	3	
Tiempo para attach y Activación de PDP Context después de resetear el GSN	TiempoAttach	30	Min
Ancho de Banda de enlace (kbps)	SS7EnlBW	64	Kbps
Máxima Carga en casos normales	SS7MaxCargN	30%	
Máxima Carga después de reiniciar el GSN	SS7MaxCargR	60%	

Tabla 4-32 Datos de Entrada de Modelo de Tráfico

4.10.5 Elementos de Red

El stack SS7 del CGSN elegido soporta ITU-T. El ITU-T variante puede ser configurado hacia la interwork con STP que soporta solamente los estándares "blue book". El diseño en esta tesis se basa en el ITU-T variante.

4.10.5.1 Descripción del Hardware

La tarjeta en la cuál opera el stack de protocolos SS7 del MTP, SCCP y TCAP dentro del CGSN seleccionado, se nombra como tarjeta IBE1. Una tarjeta IBE1 incluye dos módulos, cada portadora dos conectores E1. Sólo una interfase E1 por módulo se usa para señalización SS7.

Dos tarjetas IBE1 se usan en el CGSN y tienen una posición fija en el rack. Estas tarjetas están colocadas en el slot 3 y 5 del magazine. En cada interfase E1, tres time slots de 64 kbit/s se pueden utilizar. Ambas tarjetas IBE1 proporcionan un total de 12 time slots en un CGSB. Los tres time slots disponibles por interfase E1 se pueden escoger arbitrariamente fuera de los 31 time slots en una conexión E1.

4.10.6 Modelo de Red

4.10.6.1 Redundancia

Como ya se mostró que dos enlaces de señalización son suficientes para transportar todo el tráfico de SS7 desde un nodo CGSN en la red diseñada en esta tesis. Por consiguiente, es posible construir la red con sólo dos enlaces de señalización por nodo CGSN, para manejar el tráfico Gr y Gb. Sin embargo por estándar de diseño SS7 es conveniente tener otra ruta paralela para tráfico. El set de enlaces está incluido en este diseño.

Además, existen dos enlaces de señalización en ambas conexiones E1 hacia los STPs. Esto ofrece excelente balanceo de carga en los enlaces y un buen concepto de redundancia. Las consideraciones mencionadas aplican para todos los nodos CGSNs en la red.

4.10.7 Ubicación de STPs (Puntos de Trafico de Señalización)

4.10.7.1 Sitios Primarios

En este estudio de red existen dos sitios primarios México Norte y México Sur.

Podemos asumir que los sitios primarios, México Norte y México Sur serán conectados hacia los STPs de Carrasco y Nextengo con carga compartida usando dos diferentes conexiones físicas E1 (líneas rentadas). Una conexión física SS7 desde el CGSN hacia el STP de Carrasco, y otra conexión hacia el otro STP de Nextengo.

4.10.7.2 Sitios Secundarios

Podemos asumir que el sitio secundario Monterrey será conectado hacia el STP de San Pedro y el STP de Guadalupe con carga compartida usando dos diferentes conexiones físicas E1 (líneas rentadas). Una conexión física SS7 desde el CGSN hacia el STP de San Pedro, y la otra hacia el STP de Guadalupe.

Por otro lado también podemos asumir que el sitio secundario Guadalajara será conectado hacia el STP de Fuentes y el STP de Banderas con carga compartida usando dos diferentes conexiones físicas E1 (líneas rentadas). Una conexión física SS7 desde el CGSN hacia el STP de Fuentes, y la otra hacia el STP de Banderas.

4.10.8 Topología

4.10.8.1 Diagrama de Red

La arquitectura de la red diseñada comprende dos Sitios Primarios y dos Sitios Secundarios. Cada sitio primario y secundario es equipado con un nodo CGSN. La figura 4-13 muestra la representación física de la red SS7 y la interconexión con las interfases Gr.

Cada CGSN se conecta hacia el backbone de SS7 via dos STPs separados. El tráfico de SS7 se transporta a través de conexiones E1 desde cada CGSN hacia cada STP.

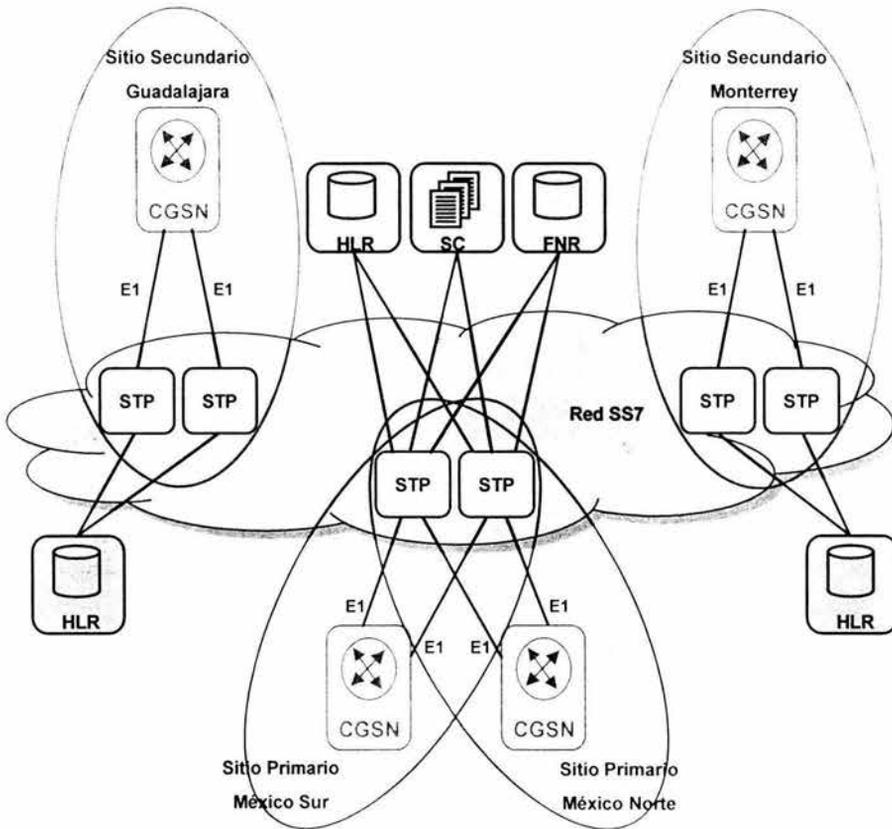


Figura 4-13 Red Física SS7

4.10.8.2 Sitio Primario (México Norte)

El hardware que se requiere para las conexiones de SS7 es el siguiente:

- Dos tarjetas IBE1 en el nodo CGSN, una para la conexión hacia el STP de Carrasco, y la otra para la conexión hacia el STP de Nextengo.

Las posiciones en el CGSN se identifican de la siguiente forma: a.b.c donde a = número de Magazine, b = número de slot, c = número de puerto. Por lo tanto las conexiones E1 usadas en esta primera fase 1 se pueden nombrar 1.3.4 y 1.5.4 en este nodo CGSN. Ver figura 4-14.

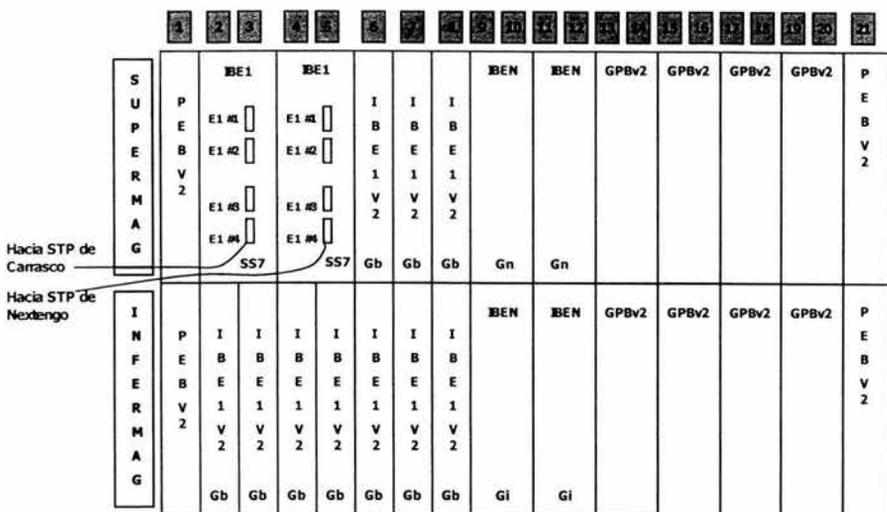


Figura 4-14 Conexión SS7 del nodo CGSN México Norte hacia los STPs.

4.10.8.3 Sitio Primario (México Sur)

El hardware que se requiere para las conexiones de SS7 es el siguiente:

- Dos tarjetas IBE1 en el nodo CGSN, una para la conexión hacia el STP de Carrasco, y la otra para la conexión hacia el STP de Nextengo.

Las posiciones en el CGSN se identifican de la siguiente forma: a.b.c donde a = número de Magazine, b = número de slot, c = número de puerto. Por lo tanto las conexiones E1 usadas en esta primera fase 1 se pueden nombrar 1.3.4 y 1.5.4 en este nodo CGSN. Ver figura 4-15.

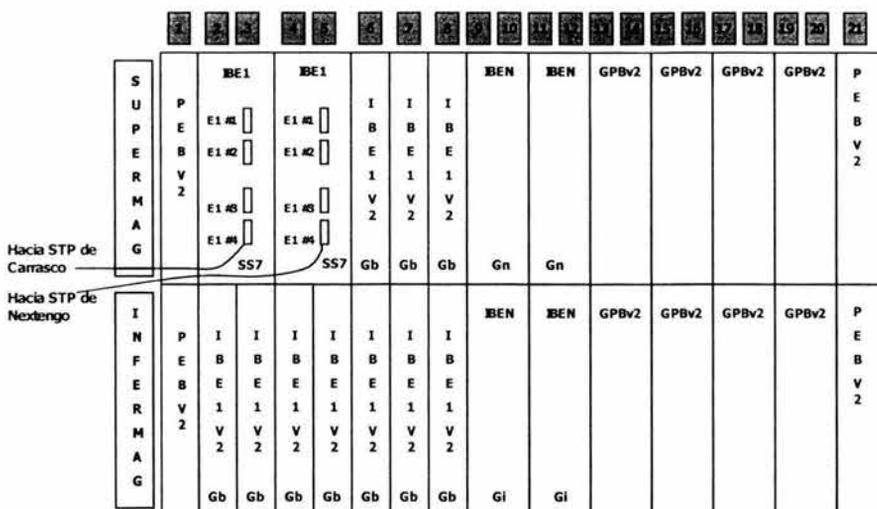


Figura 4-15 Conexión SS7 del nodo CGSN México Sur hacia los STPs.

4.10.8.4 Sitio Secundario (Guadalajara)

El hardware que se requiere para las conexiones de SS7 es el siguiente:

- Dos tarjetas IBE1 en el nodo CGSN, una para la conexión hacia el STP de Fuentes, y la otra para la conexión hacia el STP de Banderas.

Las posiciones en el CGSN se identifican de la siguiente forma: a.b.c donde a = número de Magazine, b = número de slot, c = número de puerto. Por lo tanto las conexiones E1 usadas en esta primera fase 1 se pueden nombrar 1.3.4 y 1.5.4 en este nodo CGSN. Ver figura 4-16.

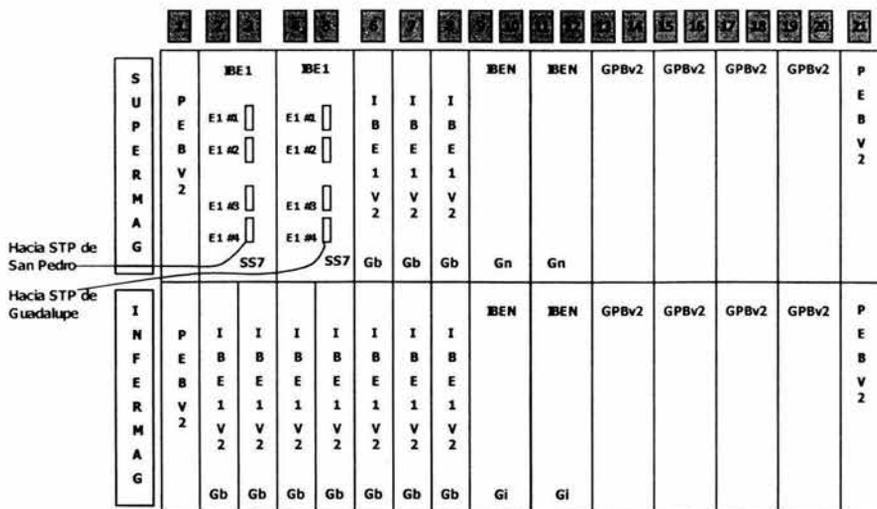


Figura 4-17 Conexión SS7 del nodo CGSN Monterrey hacia los STPs.

4.10.9 Red Lógica SS7

La red lógica que se presenta en la figura 4-18 muestra lógicamente los puntos de señalización SS7, enlaces de señalización, sets de enlaces, con los puntos de señalización, únicamente identificados por la identidad de la red y códigos de puntos de señalización (NI-SPC, ejemplo 3-01393).

4.10.9.1 Descripción de la Red

Cada nodo CGSN tiene translaciones GT, el resultado en la ruta se muestra más adelante. Se muestra la entrada de la ruta hacia la red SS7 en los dos nodos STPs. donde mensajes SS7 se transfieren hacia los nodos HLR o hacia los nodos SC.

En los sitios primarios y sitios secundarios existen dos conexiones E1 los cuales se conectan directamente hacia la red SS7 PLMN via los nodos locales STPs. Como se muestra en la figura 4-18 cada ruta en un CGSN se configura con dos sets de enlaces, los cuales incluyen dos enlaces de señalización. Cada uno de los dos enlaces de señalización se transporta en un canal separado de 64 kbits/s (time slot) dentro del mismo E1.

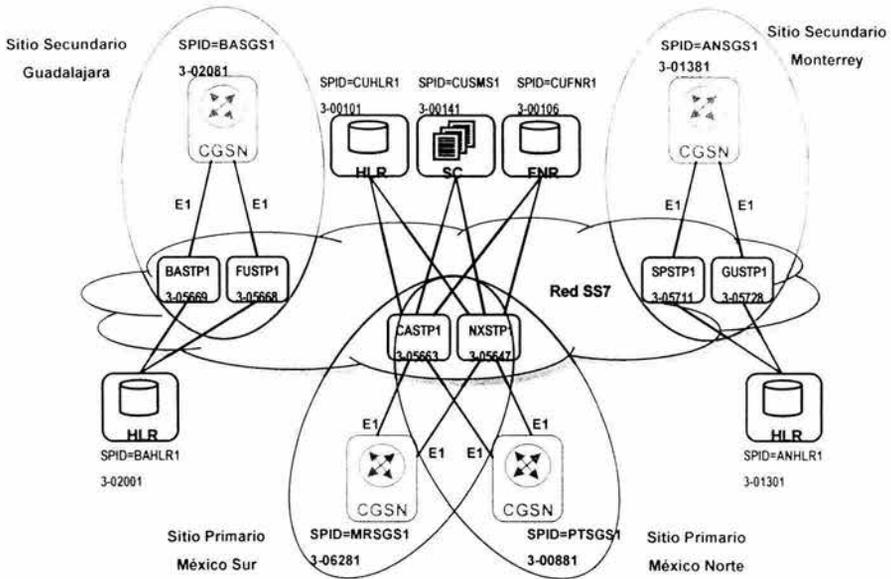


Figura 4-18 Red Lógica de Gr y Gd

4.10.9.2 Direcciones SS7

Las direcciones SS7 serán asignadas a los nodos SS7 como sigue, ver tabla 4-33.

CIUDAD	NODO	NI-SPC	GT Número de Series (NS)
Monterrey	NLSGS1	3-01381	52 941 00 01381 0
Monterrey	SPSTP1	3-05711	-
Monterrey	GUSTP1	3-05728	-
Monterrey	ANHLR1	3-01301	52 941 00 01301 0 52 941 18*
Guadalajara	JLSGS1	3-02081	52 941 00 02081 0
Guadalajara	BASTP1	3-05669	-
Guadalajara	FUSTP1	3-05668	-
Guadalajara	BAHLR1	3-02001	52 941 00 02001 0 52 941 19*
México	MNSGS1	3-00881	52 941 00 00881 0
México	MSSGS1	3-06281	52 941 00 06281 0
México	NXSTP1	3-05647	-
México	CASTP1	3-05663	-
México	CUSMS1	3-00141	52 941 00 00141 0
México	CUHLR1	3-00101	52 941 00 00101 0 52 941 21*

Tabla 4-33 Direcciones de las Entidades de la Red

Cada nodo SCCP se le asigna un E.164 que se basa en GT. Nótese que esto no es necesario para asignar un número serial GT (Global Title) a los nodos STP, estos nodos no trabajan en el nivel de SCCP.

La capa SCCP emplea el mobile fleet número E.214 (MGT, Mobile Global Title) para propósitos de ruteo, de tal manera que se identifique el apropiado HLR, por ejemplo en una comunicación desde el SGSN hacia el HLR ó desde un MSC/VLR hacia el HLR.

4.10.9.3 Ruteo MTP

La tabla 4-34 muestra como el identificador Dest, los sets de enlaces y enlaces de señalización se configuran en todos los nodos que intervienen.

Nodo	Destino	NI-DPC (DEST ID)	NI-DPC (LS ID)	SLC
ANSGS1	ANHLR1	3-01301	3-05711	0,1
	BAHLR1	3-02001		
	CUHLR1	3-00101	3-05728	0,1
	CUSMS1	3-00141		
BASGS1	ANHLR1	3-01301	3-05668	0,1
	BAHLR1	3-02001		
	CUHLR1	3-00101	3-05669	0,1
	CUSMS1	3-00141		
MSSGS1	ANHLR1	3-01301	3-05647	0,1
	BAHLR1	3-02001		
	CUHLR1	3-00101	3-05663	0,1
	CUSMS1	3-00141		
MNSGS1	ANHLR1	3-01301	3-05647	0,1
	BAHLR1	3-02001		
	CUHLR1	3-00101	3-05663	0,1
	CUSMS1	3-00141		

Tabla 4-34 Ruteo MTP en la Red GPRS Diseñada

4.10.9.4 Definición de la interfase Gr en el HLR

Los datos requeridos de C7 en los HLRs para soportar las interfases Gr hacia los SGSNs, se listan a continuación.

Una conexión hacia el SGSN se define en nivel MTP con los siguientes comandos C7SPI, C7PNC y C7LDI.

Por otro lado se necesita definir una ruta hacia el SGSN. Los dispositivos que se emplean hacia el SGSN son User-Part Devices (UPDs). Para encontrar los parámetros asociados con estos dispositivos nos referimos a la información de aplicación de UPD. FNC=7 significa que se está definiendo una ruta de señalización.

El enlace de señalización y el ruteo de MTP se definen usando los siguientes comandos C7SLI y C7RSI, respectivamente. Finalmente, los dispositivos de hardware se registran en la ruta, la conexión semi-permanente se define y todos los comandos necesarios se envían.

4.10.9.5 Comandos

Definición de la Interfase Gr de Región 4 en el HLR de Monterrey, mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

```
C7SPI:SP=3-01381;
C7PNC:SP=3-01381,SPID=NLSGS1;
C7LDI:LS=3-01381;

EXROI:R=NLSGS1SO& NLSGS1SI,DETY=UPD,FNC=7;

C7SLI:LS=3-01381,SLC=0,ST=C7ST2C-9,ACL=A1,SDL="NLSGS1-0,UPD-193";
C7RSI:DEST=3-01381,LS=3-01381,PRIO=1;

EXDRI:R=NLSGS1SO& NLSGS1SI,DEV=UPD-193;
EXDAI:DEV=UPD-193;
EXSPI:NAME=NLSGS1-0;
EXSSI:DEV1=UPD-193;
EXSSI:DEV2=C7ST2C-9;
EXSPE;
EXSCI:NAME=NLSGS1-0,DEV=UPD-193;
C7RAI:DEST=3-01381;
C7LAI:LS=3-01381,SLC=0;
BLORE:R=NLSGS1SO;
```

Definición de la Interfase Gr de Región 5 en el HLR de Guadalajara, mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

```
C7SPI:SP=3-02081;
C7PNC:SP=3-02081,SPID=JLSGS1;
C7LDI:LS=3-02081;

EXROI:R=JLSGS1SO& JLSGS1SI,DETY=UPD,FNC=7;

C7SLI:LS=3-02081,SLC=0,ST=C7ST2C-9,ACL=A1,SDL="JLSGS1-0,UPD-193";
C7RSI:DEST=3-02081,LS=3-02081,PRIO=1;

EXDRI:R=JLSGS1SO& JLSGS1SI,DEV=UPD-193;
EXDAI:DEV=UPD-193;
EXSPI:NAME=JLSGS1-0;
EXSSI:DEV1=UPD-193;
EXSSI:DEV2=C7ST2C-9;
EXSPE;
EXSCI:NAME=JLSGS1-0,DEV=UPD-193;
C7RAI:DEST=3-02081;
C7LAI:LS=3-02081,SLC=0;
BLORE:R=JLSGS1SO;
```

Definición de la Interfase Gr de Región 9 México Norte en el HLR de México, mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

```
C7SPI:SP=3-00881;
C7PNC:SP=3-00881,SPID=MNSGS1;
C7LDI:LS=3-00881;

EXROI:R=MNSGS1SO& MNSGS1SI,DETY=UPD,FNC=7;

C7SLI:LS=3-00881,SLC=0,ST=C7ST2C-9,ACL=A1,SDL="MNSGS1-0,UPD-193";
```

```
C7RSI:DEST=3-00881,LS=3-00881,PRIO=1;

EXDRI:R=MNSGS1SO& MNSGS1SI,DEV=UPD-193;
EXDAI:DEV=UPD-193;
EXSPI:NAME=MNSGS1-0;
EXSSI:DEV1=UPD-193;
EXSSI:DEV2=C7ST2C-9;
EXSPE;
EXSCI:NAME=MNSGS1-0,DEV=UPD-193;
C7RAI:DEST=3-00881;
C7LAI:LS=3-00881,SLC=0;
BLORE:R=MNSGS1SO;
```

Definición de la Interfase Gr de Región 9 México Sur en el HLR de México, mediante el sistema OSS (Sistema de Soporte y Operación).

```
C7SPI:SP=3-06281;
C7PNC:SP=3-06281,SPID=MSSGS1;
C7LDI:LS=3-06281;

EXROI:R=MSSGS1SO& MSSGS1SI,DETY=UPD,FNC=7;

C7SLI:LS=3-06281,SLC=0,ST=C7ST2C-9,ACL=A1,SDL="MSSGS1-0,UPD-193";
C7RSI:DEST=3-06281,LS=3-06281,PRIO=1;

EXDRI:R=MSSGS1SO&MSSGS1SI,DEV=UPD-193;
EXDAI:DEV=UPD-193;
EXSPI:NAME=MSSGS1-0;
EXSSI:DEV1=UPD-193;
EXSSI:DEV2=C7ST2C-9;
EXSPE;
EXSCI:NAME=MSSGS1-0,DEV=UPD-193;
C7RAI:DEST=3-06281;
C7LAI:LS=3-06281,SLC=0;
BLORE:R=MSSGS1SO;
```

4.11 Interfases Gn y Gom

4.11.1 Propósito

La finalidad de este apartado es describir el diseño de la red Gn/Gom para la solución del problema presentado en este trabajo.

Este apartado contiene los siguientes puntos:

- Configuración Lógica para las redes Gn/Gom.
- Configuración de la interfase Gn/Gom en el CGSN.
- Ruteo y Direccionamiento.

Este apartado comprende los detalles para las redes Gn y Gom.

4.11.2 Descripción de la Interfase Gn/Gom

La interfase Gn define la conexión entre los GSNs en la misma PLMN. Si los nodos GSNs están ubicados en la misma PLMN, la red Gn proporcionará la conectividad. Si la comunicación de los

nodos se presenta en diferentes PLMNs, se utilizará una red Gp. En el escenario de esta tesis Gp no se desarrollará. La figura 4-19 muestra la red Gn para el sistema GPRS que se diseña.

Gn, Gp y Gom son interfaces basadas en IP.



Figura 4-19 Red Gn

La interfase Gom define la conexión entre un CGSN y la LAN de administración ó LAN de Servicio GPRS. El tráfico de Gom consiste de datos de administración para GSNs: Tráfico de Billing Gateway, NTP y DNS.

Las interfases Gn, Gp y Gom son diferentes lógicamente como se describe adelante, desde la perspectiva del GSN estas interfases son idénticas físicamente, principalmente porque usan la misma tarjeta física del CGSN.

El tráfico de Gn consiste de paquetes GTP transportados sobre UDP/IP para señalización y datos de usuario, enviados entre GSNs.

4.11.3 Solución de la Red

En la red GPRS en estudio se implementan dos sitios primarios y dos sitios secundarios como ya se ha descrito. Estos sitios contienen nodos GSN y son considerados para las redes Gn y Gom.

En cada sitio Primario y Secundario existe un Grupo de Servicios GPRS. El Grupo de Servicios GPRS es una unidad de funcionalidad GPRS y equipamiento físico instalado. El Grupo de Servicios puede incluir varios tipos de funciones opcionales y equipamiento. Sin embargo, los sitios secundarios Monterrey y Guadalajara usarán el Grupo de Servicio de la configuración básica que incluyen las partes principales. Los sitios primarios usarán la configuración básica plus algunas funciones opcionales; México Norte (Servicios de Soporte GPRS y Billing Gateway) y México Sur (Servicios de Soporte).

Un Grupo de Servicios GPRS se conecta hacia la Red Backbone de Paquetes (PBN) GPRS. El diseño e implementación del PBN no es una parte intrínseca del diseño e implementación del sistema GPRS. Por otro lado se asume que la parte PBN es insegura y se refleja en el diseño de la red Gn/Gom.

La figura 4-20 muestra la configuración de un Grupo de Servicios GPRS extendido. El CGSN se conecta hacia los Servicios de Soporte GPRS a través de los switches duales Ethernet. El tráfico desde el CGSN hacia el backbone de red se lleva a través de los Gateways de seguridad duales en una configuración redundante. Dos switches Ethernet son colocados entre los gateways de seguridad y los ruteadores del PBN.

Los Servicios de Soporte GPRS son disponibles en dos Grupos de Servicios GPRS como se muestra en la figura 4-20. A parte de la redundancia empleada en cada sitio, redundancia adicional para los Servicios de Soporte GPRS se basa en dos sitios distribuidos geográficamente para proveer los servicios.

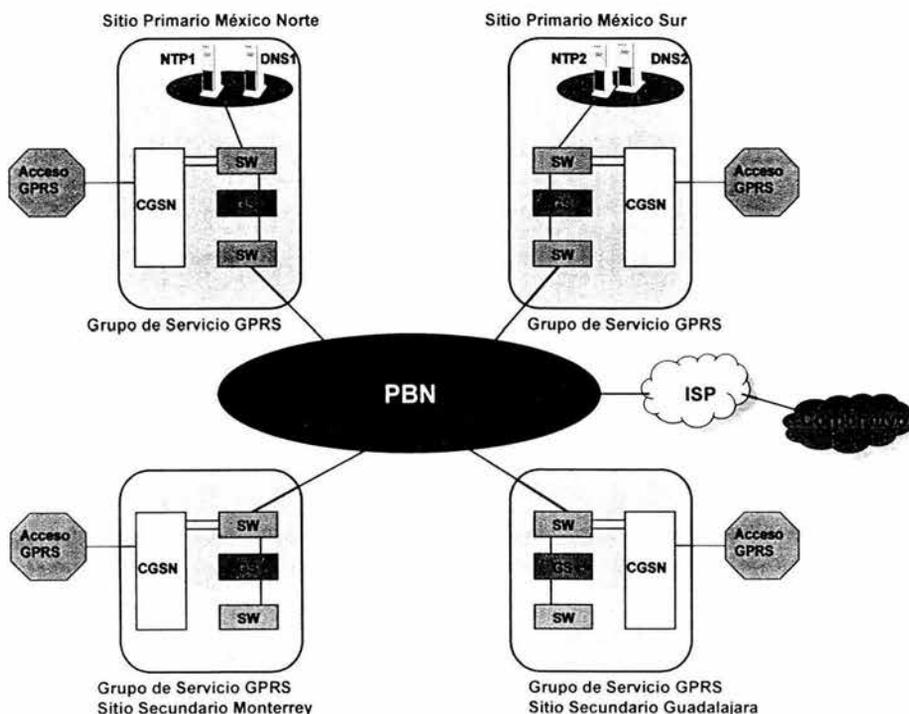


Figura 4-20 Grupos de Servicio GPRS

El PBN proporciona un servicio de transporte IP puro hacia las redes Gn/Gom. Los túneles IPSec se emplean para la separación de tráfico y seguridad de tráfico¹² Gn/Gom cuando son transportados sobre la insegura PBN. Los gateways de seguridad en los Grupos de Servicios GPRS ejecutan el tunnelling IPSec antes de que el tráfico sea enviado hacia el PBN.

¹² KAARANEN, Heikki. *UMTS Networks Architecture, Mobility and Services*. Págs. 199-204

La figura 4-21 muestra los túneles y el flujo de tráfico en la red Gn/Gom. Todos los túneles IPSec operan en modo túnel. Como se muestra en la parte de arriba, un túnel IPSec entre dos gateways de seguridad se emplea para el tráfico Gn entre los dos CGSNs, y el tráfico Gom entre cada CGSN y los Servicios de Soporte GPRS. Nótese que la figura muestra los principios de diseño y no refleja la configuración del elemento físico en cada sitio.

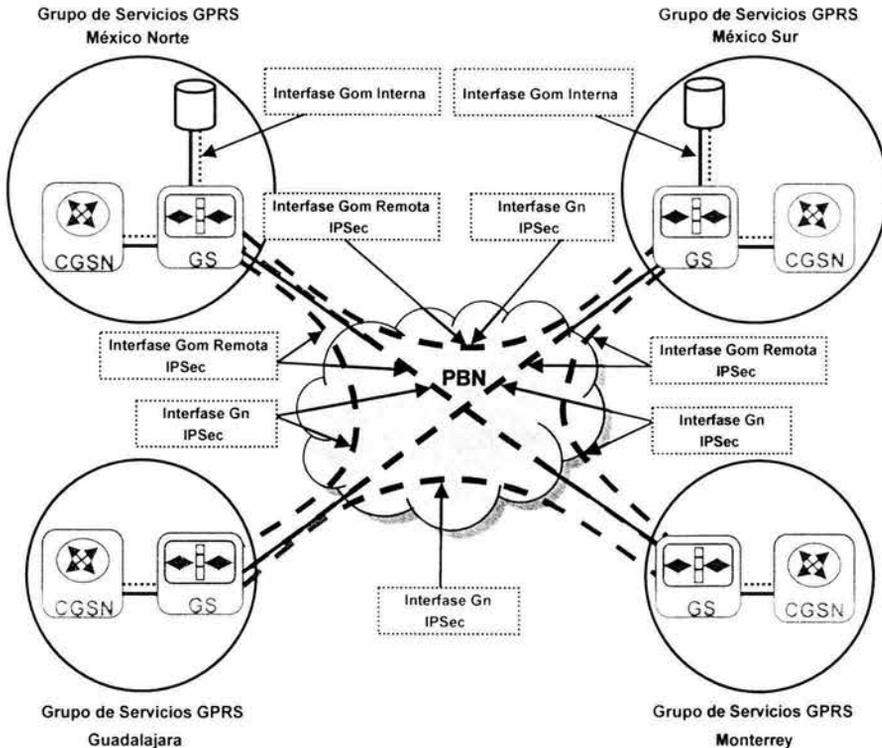


Figura 4-21 Túneles IPSec en la Red Gn / Gom

4.11.4 Diseño Lógico de las Redes Gn y Gom

Las redes Gn y Gom son separadas lógicamente de otros tipos de tráfico en la PBN compartida por tunnelling IPSec.

4.11.5 Interfaz Gn

Se recomienda y se escoge en este diseño utilizar los túneles IPSec para el tráfico Gn una vez que se asume que el PBN es inseguro. El tráfico Gn incluye señalización entre los nodos CGSNs así como datos de usuario.

Los túneles IPSec para el tráfico Gn serán iniciados entre los Gateways de Seguridad que se localizan en los Grupos de Servicios GPRS.

4.11.6 Interfase Gom

Los túneles IPSec son ruteados sobre el compartido PBN que protegerán el tráfico de administración para el CGSN incluyendo tráfico de DNS, tráfico de BGw y tráfico de NTP. El tráfico de administración dentro del Grupo de Servicios GPRS no será túneleado.

Si un CGSN remoto se conecta hacia un Grupo de Servicios GPRS con facilidades de administración por ejemplo tráfico de DNS, tráfico de NTP y tráfico de BGw, un túnel IPSec se iniciará entre los Gateways de Seguridad localizados en cada sitio. En este análisis el tráfico Gn y Gom usan los mismos túneles IPSec. Solo las direcciones del punto final del túnel IPSec son visibles en el PBN compartido y las direcciones de Gom son ocultas en el túnel.

4.11.7 Configuración de la Interfase Gn/Gom

El tráfico Gn y Gom se integra en los enlaces Ethernet que conectan el CGSN hacia los switches LAN. Los túneles IPSec no se usan sobre estos enlaces para tráfico Gn ó tráfico Gom.

Existe una dirección IP virtual, denominada GTP VIP, asignada a la parte de SGSN y otra dirección para la parte de GGSN de las tarjetas de Aplicación Gn. El CGSN contiene dos tarjetas de ruteo Gn para proporcionar redundancia.

4.12 Interfase Gi

4.12.1 Propósito

El propósito de este apartado es describir el diseño de la red con la interfaz Gi para este trabajo, describiendo la conexión Gi hacia el móvil ISP2 (Internet).

Este análisis describe la solución de la conexión Gi hacia el Mobile ISP2 (Internet).

Este apartado contiene los siguientes puntos:

- Resumen de la arquitectura interna de la interfase Gi y el nodo GSN.
- Descripción de la solución.
- Direccionamiento de Gi IP.
- Definición del nodo GGSN y APN.
- Configuración de IPsec para el tráfico.
- Redundancia.
- Seguridad.

4.12.2 Descripción de la Interfase Gi

La interfase Gi conecta un Gateway GPRS Support Node (GGSN) y una red externa de paquetes de datos, habilitando a la estación móvil intercambiar paquetes IP con esta red externa. Las redes externas de paquetes de datos son únicamente identificadas por un Access Point Name (APN) en el GGSN.

4.12.3 Arquitectura Interna de CGSN

Este apartado presenta información general acerca de la arquitectura interna del CGSN para facilitar el entendimiento del nodo GSN.

corporativa o ISP). La tarjeta de aplicación Gi corre en esta instancia un protocolo de ruteo.

- Tarjeta de Ruteador Gi (Gir): Esta es la tarjeta ruteadora que directamente se conecta a la interfase Gi. Si observamos al GSN desde el exterior, las dos tarjetas ruteadoras Gi son dos ruteadores separados.

4.12.4 Redes Internas del nodo GSN

El nodo GSN puede contener tres redes internas.

- Subred IP Interna: Todas las tarjetas internas del nodo son conectadas hacia el nodo de la subred IP interna (ver figura de arriba). Este nodo de red interno es una subred IP privada (clase de red B), la cual no es visible desde el exterior el nodo y se emplea para comunicación entre tarjetas diferentes en el gabinete. Este consiste de una red Ethernet dual para redundancia.
- Net IGn: La activa NCB comunica con nodos en el backbone GPRS via las tarjetas del ruteador Gn. Cuando el NCB activo manda tráfico hacia y recibe tráfico desde los hosts en el backbone GPRS, el tráfico interno hacia/desde el NCB activo hacia/desde el GnR se envía sobre la subred IP interna IGn (Gn Interna). Esta red puede ser visible en el backbone de GPRS. El nodo de la subred IP interna y la red IGn ambos emplean la misma red física.
- Net IGi: Este es la parte del nodo de la subred IP interno, en el cuál las tarjetas del ruteador Gi y las tarjetas de aplicación Gi le pertenecen.

4.12.5 Direccionamiento del Nodo Gi.

A continuación se listan las direcciones que usa el GGSN que son visibles en las redes conectadas hacia la interfaz Gi:

- La red MS APN

La red MS (estación móvil) APN es un rango de direcciones IP que pertenecen a una red de datos externa (identificada por el Access Point Name). La dirección IP del MS es manejada por un cierto GGSN que pertenece a esta red MS APN, también el apéndice de la dirección IP descrita abajo. Nótese que el APN puede pertenecer a diferentes GGSNs pero las direcciones de la red MS APN son asignadas a un GGSN.

- Apéndice de la dirección IP

El apéndice de la dirección IP en el GGSN pertenece al rango de la red MS APN definido en un GGSN para un específico APN. En la interfase Gi este es usado como una fuente de direcciones para solicitud de Radius, mensajes ICMP y esto también usado como dirección de Default Gateway en solicitud IPCP. Por GGSN hay un apéndice de dirección IP por APN y este tiene que ser único dentro del nodo GSN.

- Dirección Gi Ipsec VIP

La dirección Gi Ipsec VIP se emplea como la dirección de destino para todos los tuneles IPsec en la interfase Gi, de tal forma que esto tiene que ser visible en PBN. Todo tráfico GGSN Gi con destino tendrá como dirección de destino la dirección Gi IPsec VIP que será común para todos los APNs.

- Dirección IP de GiR externa

El GiR usa una dirección IP externa para la interfaz Ethernet en la interfaz Gi.

4.12.6 Ruteo GSN

Los mecanismos de ruteo se emplean dentro de la red GPRS para rutear el tráfico desde los GGSNs (México_Localidad 1 y México_Localidad 2) que manejan la red MS APN y el móvil ISP2 (Internet) es:

- Ruteando APN, también referido como el método de Link Layer Forwarding (LLF).

El ruteo APN se hace en dos partes – una conexión de túnel en nodo interno denominado Link Layer Forwarding (LLF) y una conexión externa. La conexión externa que se usará en la red GPRS es un túnel IPsec. El ruteo APN proporciona eficiente implementación de VPNs (“Virtual Private Network”) y proporciona la posibilidad de tener direcciones IP overlapping entre las diferentes redes de paquetes de datos.

Esto se puede ver en la figura 4-23, el túnel LLF se establece entre el GiA y los GiRs. Este túnel se asocia con una conexión externa que es el túnel IPsec. Esta figura también describe la conexión del túnel LLF para el APN “web.robles.com”.

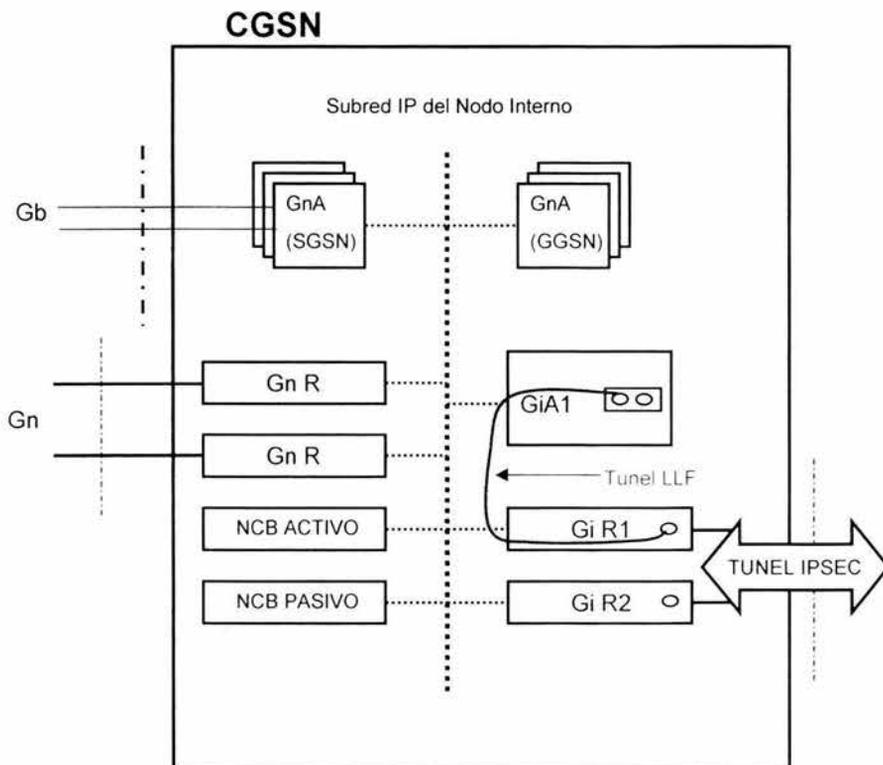


Figura 4-23 Ruteo de APN

4.12.7 Descripción de la Solución

La interfase Gi para el ISP2 Móvil conectará el GGSN localizado en México Norte y México Sur hacia internet. En la solución de la red IP, las tarjetas del ruteador CGSN Gi serán conectadas a través de Fast Ethernet hacia los switches de Capa 3 en el Grupo de Servicios GPRS.

Para permitir la separación de tráfico, el ruteo APN usando túneles IPsec tiene que ser escogido como el método de ruteo GSN preferente para las redes de paquetes de datos (APNs) registrados hacia la interfase Gi. El uso normal del ruteo IP como el método de ruteo GSN no es recomendado por razones de seguridad, pues con ruteo normal IP todas las subredes IP usadas por usuarios móviles son anunciadas en la interfaz Gi.

Cuando el ruteo APN se usa siempre son túneles IPsec, la conexión punto a punto entre la instancia manejando la red MS APN y la red externa consiste de un túnel LLF (interna hacia el nodo GSN) y un túnel IPsec. La figura 4-24 muestra el túnel IPsec que va sobre el PBN y entonces a través de una conexión directa hacia el ISP2 Móvil (Internet).

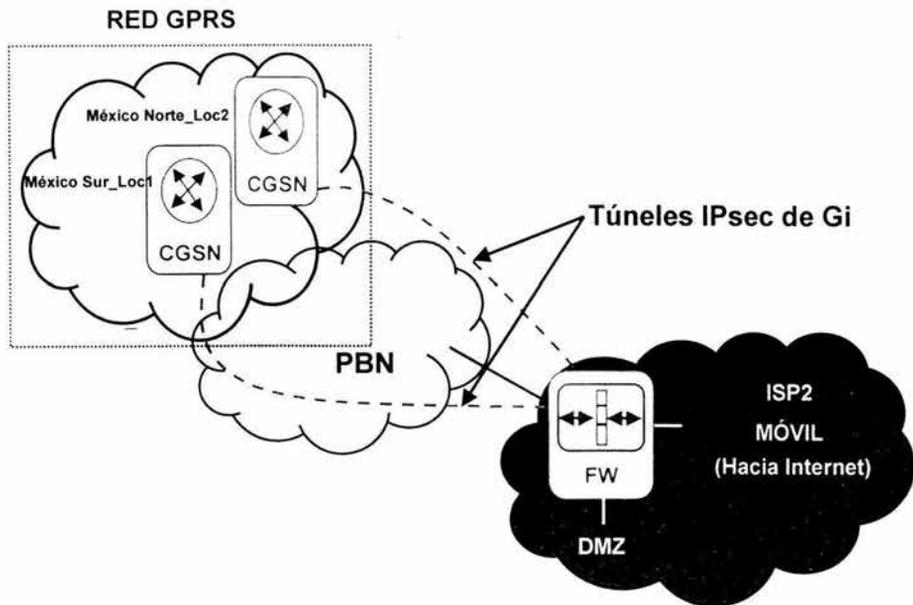


Figura 4-24 Conectividad de la Red Gi GPRS hacia al ISP2 Móvil

Desde el punto de vista de la interfase Gi el Packet Backbone Network (PBN) entre el GGSN y la red APN es el medio de transporte que ruteará los túneles IPsec. Esto es necesario para asegurar que el túnel IPsec pueda ser ruteable a través de estas redes.

4.12.8 Transporte IP para la interfase Gi

El modelo de la red diseñada en este trabajo consiste de los siguientes sitios:

- Dos sitios primarios con ruteadores de Grupo de Servicio GPRS y de PBN (Packet Backbone Network). Ambos sitios tienen servicio de LAN GPRS.
- Dos sitios secundarios con ruteadores de Grupo de Servicio GPRS y de PBN.

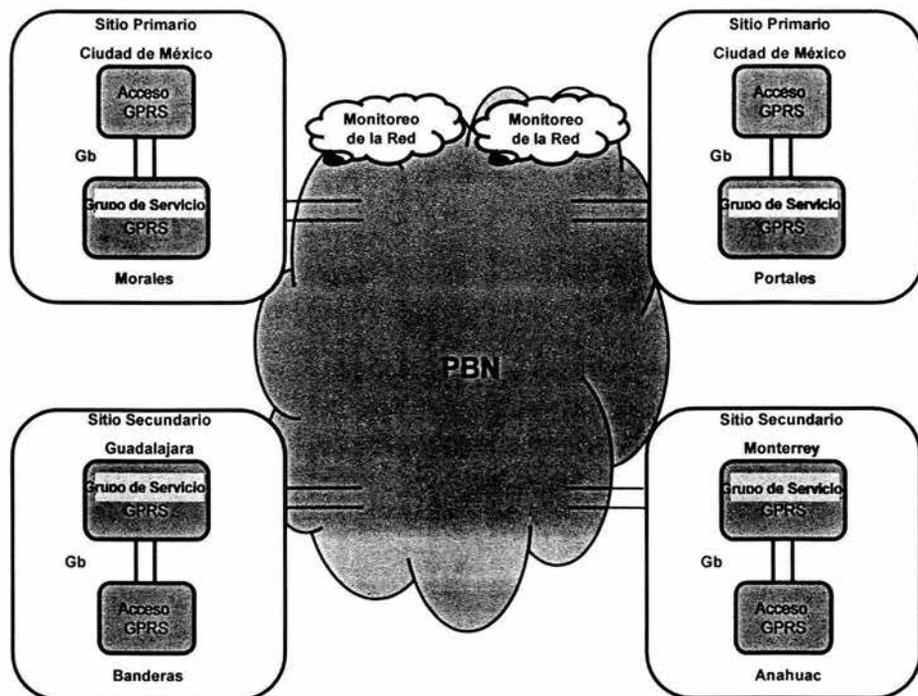


Figura 4-25 Topología de la Red GPRS

La figura 4-25 muestra el modelo de red diseñado en este trabajo de tesis. El nodo GSN se incluye en el Grupo de Servicio GPRS. El Grupo de Servicio GPRS se conecta hacia el backbone IP, conocido como Packet Backbone Network (PBN).

Para rutear APN usando tunnelling IPsec tiene que ser escogido como un método de ruteo de GSN para todas las externas Packet Data Networks (8 APNs: seis corporativos y dos conexiones ISPs). La separación del tráfico IP se realiza en la interfase Gi por usar tunnelling IPsec, un túnel IPsec por corporativo/ISP.

El túnel IPsec se rutea desde el GGSN en el Grupo de Servicio sobre el PBN hasta los sitios donde la conexión termina con el móvil ISP2 se localiza. Entonces el túnel IPsec se termina en el dispositivo IPsec (Firewall, Netscreen 100) en el otro lado del túnel IPsec.

4.13 Grupo de Servicio GPRS

El Grupo de Servicio GPRS para esta primera fase consiste de un nodo GSN y equipamiento adicional instalado en el mismo sitio físico.

El equipamiento adicional desempeña funciones para el sistema GPRS y se clasifica en los siguientes grupos: Los servicios de soporte GPRS (consiste de DNS y NTP) y Billing Gateway GPRS. En un Grupo de Servicio particular estas funciones pueden ser opcionales para incluirse. Además, el Grupo de Servicio también se equipa con Gateways de Seguridad (esencialmente realizan firewalling y VPN/IPSec) y dispositivos de capa 2 y 3 para comunicación interna y externa.

Por lo tanto un Grupo de Servicio GPRS consiste de partes necesarias y partes opcionales. La parte necesaria se denomina *configuración básica del Grupo de Servicio*, mientras que las partes adicionales son referidas como *opciones del Grupo de Servicio*.

La configuración básica del Grupo de Servicio GPRS contiene un individual CGSNs versión 2.1. Sin embargo más C/S/GGSN se pueden integrar sin tener un impacto importante en el diseño.

Mientras que el Grupo de Servicio en Guadalajara y Monterrey serán desarrollados usando el Grupo de Servicio GPRS de configuración básica, los Grupos de Servicio localizados en México serán implementados utilizando las siguientes partes opcionales instalados en el mismo sitio físico: Servicios de Soporte GPRS (DNS interno y servidores NTP) y un Billing Gateway GPRS.

Un nodo GSN incluye muchas interfases como se define por el ETSI. En la descripción del Grupo de Servicio, las interfases basadas en SS7 como Gs, Gd y Gr no son consideradas, también la interfase Gb se excluye. En la descripción del Grupo de Servicio incluye exclusivamente la infraestructura que soporta las interfases basadas en IP: Gi, Gn y Gom. El Grupo de Servicio se hacia el Packet Backbone Network (PBN) y utiliza el PBN para todas las comunicaciones externas basadas en IP.

La figura 4-26 muestra de forma esquemática la configuración completa del Grupo de Servicio para este sistema GPRS y la conexión hacia el PBN para esta primera fase.

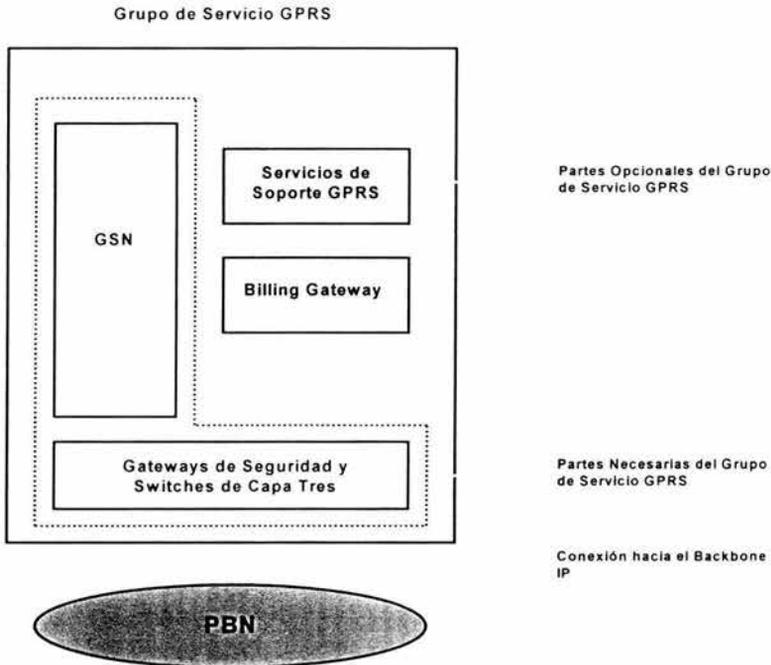


Figura 4-26 Configuración Completa del Grupo de Servicio GPRS para fase 1

El Grupo de Servicio se configura para soportar fallas, esto significa que algún componente puede estar fuera de servicio sin presentar una degradación permanente del servicio GPRS. Si un componente falla, no es necesaria la inmediata acción. El Grupo de Servicio automáticamente reconfigura a by-pass los componentes con falla.

Todo el tráfico entre el Grupo de Servicio y el PBN pasa a través de los Gateways de Seguridad. Esto proporciona alto nivel de seguridad para el Grupo de Servicio. Los Gateways de Seguridad desempeñan filtrado de paquetes e inspección de estado, todo el tráfico entre los Grupos de Servicio está sometido a servicios IPSec/IKE tales como encriptación (DES ó 3DES), autenticación y protección anti-replay.

Como se ha mencionado anteriormente, los Grupos de Servicio por implementar en México Norte y México Sur para la fase 1 son diseñados con una configuración necesaria (básica) y las siguientes configuraciones opcionales:

- Servicios de Soporte GPRS (Para México Norte y México Sur).
- Billing Gateway GPRS (Por implementar solo en el Grupo de Servicio de México Norte).

Nótese que Guadalajara y Monterrey solo usarán la configuración básica.

4.13.1 Configuración Básica del Grupo de Servicio GPRS

La configuración básica del Grupo de Servicio GPRS planteada en este trabajo de tesis contiene un solo nodo CGSN versión 2.1 en la primera fase. Sin embargo más C/S/GGSN pueden ser fácilmente integrados sin algún impacto significativo en el diseño.

4.13.2 Configuración Física

La configuración básica consiste del siguiente equipo:

- Un nodo CGSN, versión 2.1 configurado con dos tarjetas GiR y dos tarjetas GnR.
- Dos Gateways de Seguridad (Netscreen-100)
- Dos Switches de capa 3 en el lado Inseguro (Extreme Networks Summit 48i).
- Dos Switches de capa 3 en el lado Seguro (Extreme Networks Summit 48i).

Todos los puertos de las interfaces en la configuración básica usan Fast Ethernet (100Mbps), los switches de capa 3 tienen interfaces autosensoras de 10/100. La figura de abajo muestra los elementos de red de la configuración básica.

En la figura 4-27 los Gateways de seguridad duplicados se nombran A y B, los switches duplicados de capa 3 en el lado Inseguro del Gateway de Seguridad se nombran switch de L3 AU y switch de L3 BU. Los switches L3 en el lado Seguro se pueden nombrar switch de capa 3 AT y switch de capa 3 BT.

El CGSN es protegido por redundancia de Gateways de Seguridad (firewalling y VPN/IPsec). Las tarjetas del router CGSN (GiRs y GnRS) se conectan hacia un par de switches de capa 3 en el lado trusted de los Gateways de seguridad.

Los switches redundantes de capa 3 distribuyen el tráfico hacia las tarjetas ruteadoras del CGSN para las interfaces Gi y Gn.

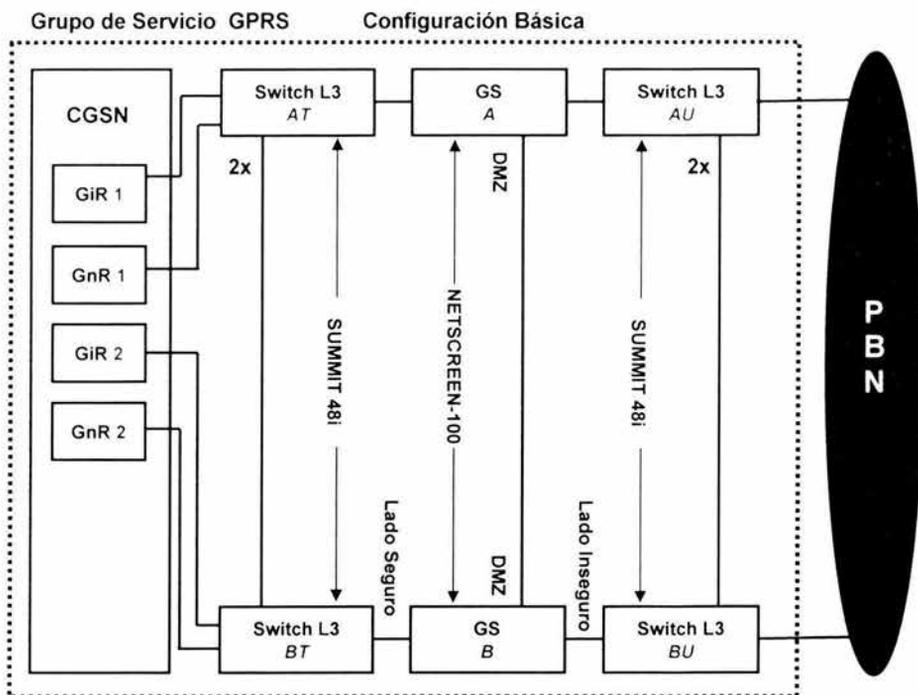


Figura 4-27 Grupo de Servicio GPRS

La figura 4-27 muestra el Grupo de Servicio GPRS. Dentro del Grupo de Servicio las tarjetas del ruteador Gi del CGSN serán conectadas a un par de switches de capa 3 en el lado Seguro del Gateways de Seguridad. En el lado Inseguro del Gateway de seguridad puede existir otro par de switches de capa 3. Estos switches redundantes de capa 3 conectan el Grupo de Servicio hacia el PBN sobre interfaces ruteadas.

4.13.3 Configuración de Capa de Enlace

En general, la configuración de la capa de enlace se basa en VLANs que se pueden configurar en los switches de capa 3. Para proporcionar redundancia entre el par de switches L3, cada VLAN se configura en ambos switches L3. Por lo tanto, las VLANs son (a parte de conectar el otro equipamiento grupo servicio) configuradas entre los dos switches L3 en cada par. Para evitar la necesidad de separar las conexiones físicas (cables) entre los switches L3 para cada VLAN, se utilizará IEEE 802.1q VLAN "tagging". "Tagging" del tráfico entre los switches L3 permite una conexión física individual (cable) y se empleará en todas las VLANs. Para proveer mayor redundancia adicional el tráfico "tagged" (etiquetado ó acompañamiento) de la VLAN usa dos conexiones físicas (dos cables) entre los pares de switches L3 configuradas con carga compartida. La característica de carga compartida realiza las dos conexiones "appear" como un enlace individual en la configuración, simultáneamente proporciona redundancia y balanceo de carga "round robin".

Cada VLAN forma por separado el dominio broadcast y es una red IP separada (subnet). Los paquetes que van entre las VLANs son ruteados (capa 3). Las VLANs son configuradas con el

Extreme Standby Router Protocol (ESRP) y con la característica "Host Attach" activada en todos los puertos. ESRP proporciona una dirección IP virtual hacia un ESRP-enable-VLAN, esta dirección IP y la asociada dirección virtual MAC "mueve" la failover entre unidades físicas. ESRP con "Host Attach" permite que alguno de los switches L3 (en el par) trabaje como el ruteador-master para una VLAN, no obstante de acuerdo a todos los puertos en la VLAN abierta para tráfico. "Host Attach" permite que los puertos abiertos para tráfico uniforme en el switch L3 que actualmente funciona como un ruteador-esclavo en el ESRP sean habilitados a VLAN, de hecho, el switch L3 que actualmente funciona como el ruteador-esclavo es solo un switch de L2 para la particular VLAN.

En general, el switch L3 puede trabajar como un ruteador-maestro para algunas VLANs y ruteador-esclavo para otras VLANs. Para simplificar ESRP y configuraciones de ruteo se decidió que ESRP se configure así que el ruteador-maestro reside en la misma unidad.

Para todas las VLANs. Para el par de switches L3 solo una de las unidades trabaja como un ruteador L2 switch, mientras que el otro solo trabaja como un switch L2. Esto realiza ruteo entre los dos switches L3, y no necesariamente bajo condiciones normales. Si falla el switch L3 que realiza el ruteo, el otro toma la función de ruteo sobre ó para todas las VLANs.

Los Gateways de Seguridad son pasivamente redundantes; esto significa que solo un GS (Gateway de Seguridad) esta activo en el tiempo. Cuando ocurre una falla, el GS standby inicia actividad y lleva sobre el trafico procesamiento (incluyendo firewalling y IPSec). Esto se logra por el uso de la función "High Availability" (HA) en los Gateways de Seguridad. Independientemente de cual GS se encuentra actualmente activo, la misma dirección IP y la misma dirección MAC se emplean para direccionarlo.

Esto opera de la misma forma en ambos lados el "Seguro" y el "Inseguro" de los Gateways de Seguridad. Una falla en el actual GS activo (o en los enlaces conectados directamente) causará una falla GS sobre accionado por HA; sin embargo, esto no propagara una falla en los switches L3 del lado Seguro o en el lado Inseguro. Para proveer redundancia por el HA que usa los puertos DMZ, un enlace secundario HA se configura entre los puertos del lado "Inseguro" (del otro lado de los switches L3 AU y BU). El enlace secundario HA proporciona solo vigilancia entre GS y evita que las dos unidades lleguen a ser simultáneamente Maestro en una falla DMZ.

Se describe en seguida las descripciones de las configuraciones de la capa de enlace de VLAN de las diferentes secciones del Grupo de Servicio.

4.13.3.1 VLANs conectando CGSN

Las dos tarjetas ruteadoras GiR son conectadas cada una a diferentes switches L3 (AT y BT) con una conexión individual (cable), de este modo, se emplea un puerto en cada switch L3. Los switches L3 son interconectados y una VLAN se configura con el nombre GI. La VLAN GI incluye la conexión de puertos hacia el GiR y los puertos que interconectan los dos switches L3. Los puertos son etiquetados y configurados para carga compartida. La VLAN GI usa ESRP y Host Attach.

La VLAN conectada en los ruteadores GnR se configura de la misma forma. La VLAN es nombrada GN.

La figura 4-28 muestra la VLAN GN y la VLAN GI como se puede ver.

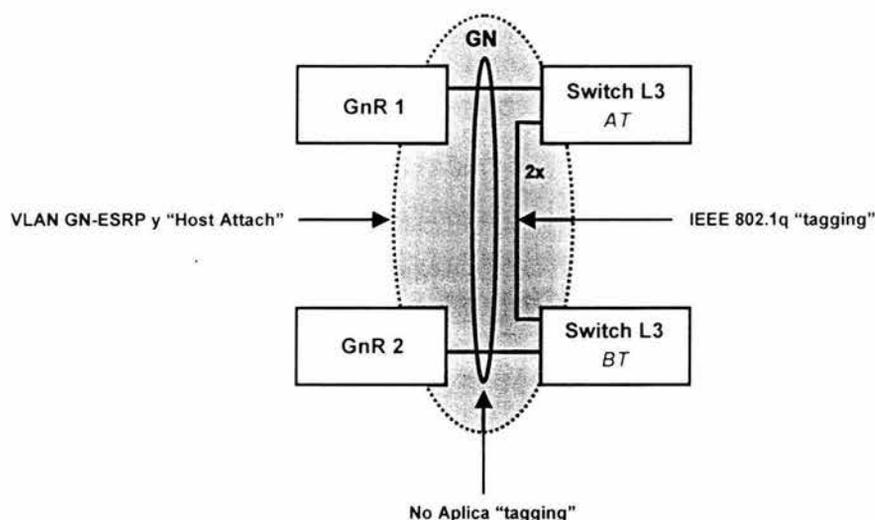


Figura 4-28 VLAN GN y VLAN GI

4.13.3.2 VLANs Conectando a los Gateways de Seguridad

Los Gateways de Seguridad tienen cada uno tres interfaces; Seguro, Inseguro y DMZ (zona desmilitarizada). La zona desmilitarizada DMZ es una red IP (subnet). Los GSs son interconectados sobre esta subnet. En la configuración básica del Grupo de Servicio GPRS el DMZ se usa exclusivamente para comunicación entre los Gateways de Seguridad por High Availability (HA). HA mantiene los GSs hacia la funcionalidad de redundancia entre ellos. Adicionalmente algunas de las opciones del Grupo de Servicio GPRS hacen posible el uso de LAN DMZ.

Cada GS está en el lado Seguro conectado hacia un puerto en el correspondiente switch L3, AT o BT. Una VLAN se configura en los switches L3. Esta VLAN se nombra SSG (Seguro GS). La VLAN se configura con ESRP, la función Host Attach y IEEE 802.1q "tagging" en el enlace entre los switches L3.

En el lado Inseguro de los GSs una VLAN se configura en los switches L3 AU y BU. Esta VLAN la nombramos ISG (Inseguro GS). La VLAN se configura de la misma forma como en el lado Seguro, como la VLAN SSG. Ver figura 4-29

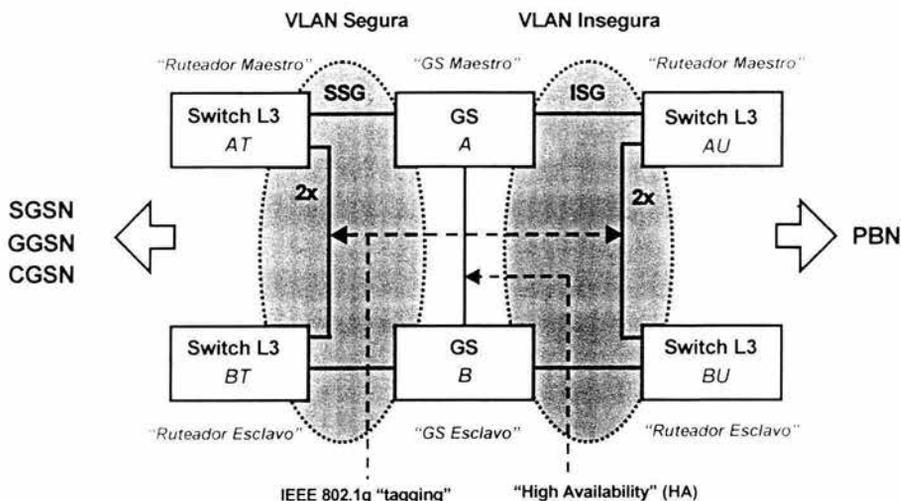


Figura 4-29 VLAN SSG y VLAN ISG

4.13.3.3 VLANs Conectando al PBN

El Grupo de Servicio GPRS tiene dos enlaces hacia el PBN: estos enlaces son conectados hacia dos ruteadores de borde del PBN de acuerdo al diseño del Backbone GPRS. El puerto en el switch L3 AU que se conecta hacia el PBN inicia una VLAN nombrada SCG1. La VLAN SCG1 incluye dos puertos adicionales en el switch L3 AU. Estos puertos son "tagged" (IEEE 802.1q) configurados para carga compartida. Estos puertos se conectan hacia el otro switch L3 BU. En el switch L3 BU los correspondientes puertos ("tagged") pertenecen a la misma VLAN SCG1. Por lo tanto, la VLAN SCG1 tiene un total de cinco puertos configurados en los dos switches L3: tres puertos en el AU y dos puertos en BU.

La segunda VLAN se puede nombrar SCG2 y se configura de la misma forma como es configurada la VLAN SCG1, excepto que esta tiene tres puertos en el switch L3 BU y dos puertos en el AU. Las VLANs SCG1 y SCG2 son configuradas con ESRP y "Host Attach". El ESRP ruteador-maestro para ambas VLANs reside en el switch L3 AU y se elige con prioridad-ESRP.

La figura 4-30 muestra la estructura VLAN entre los switches L3 y el PBN.

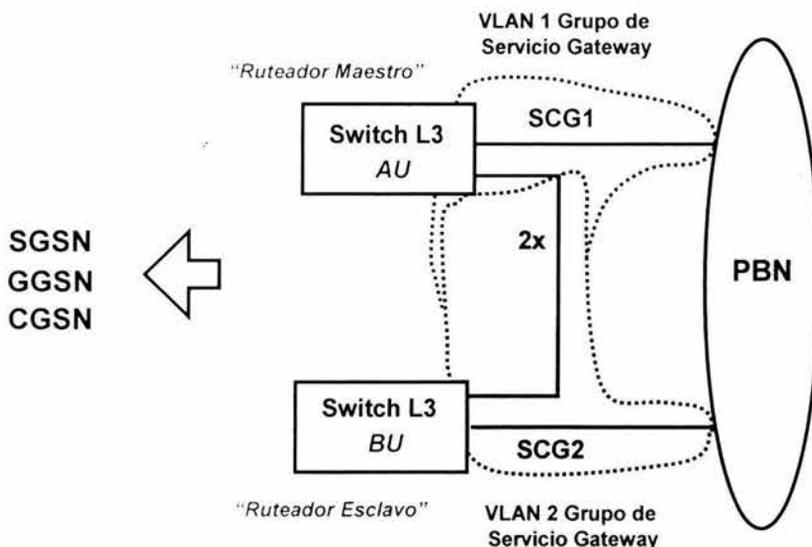


Figura 4-30 VLAN SCG1 y VLAN SCG2

4.14 Servicios de Soporte GPRS

Los servicios de soporte de este diseño GPRS incluye la funcionalidad de un DNS interno, y un servidor NTP. La función de este DNS solo se emplea dentro del sistema GPRS y no tendrá relación con servidores normales DNS empleados en corporativos o en Internet.

El DNS interno de GPRS tiene la funcionalidad de proveer información hacia los nodos SGSNs en los cuales GGSNs ciertos APNs son localizados. El servidor NTP (Network Time Protocol) se emplea para sincronizar los relojes de varios elementos de red.

Para obtener un nivel de redundancia en la red, es conveniente instalar dos sitios físicos en la parte de Servicios de Soporte de GPRS. Estos servicios de soporte se configuran en al menos dos de los cuatro Grupos de Servicio de este sistema GPRS.

En la figura 4-31 se muestra como la parte de Servicios de Soporte de GPRS se integra en el Grupo de Servicio.

El equipamiento que se instalará en esta primera fase de este proyecto serán dos servidores NTP así como dos servidores internos DNSs.

Los dos DNSs internos y los servidores NTPs serán empleados por redundancia y localizados en diferentes sitios.

El DMZ VLAN se puede configurar cuando se emplea equipo opcional con propósitos de roaming en la subred. Sin embargo, en esta primera fase el SGA y el SGB se podrán conectar directamente a través de sus puertos DMZ.

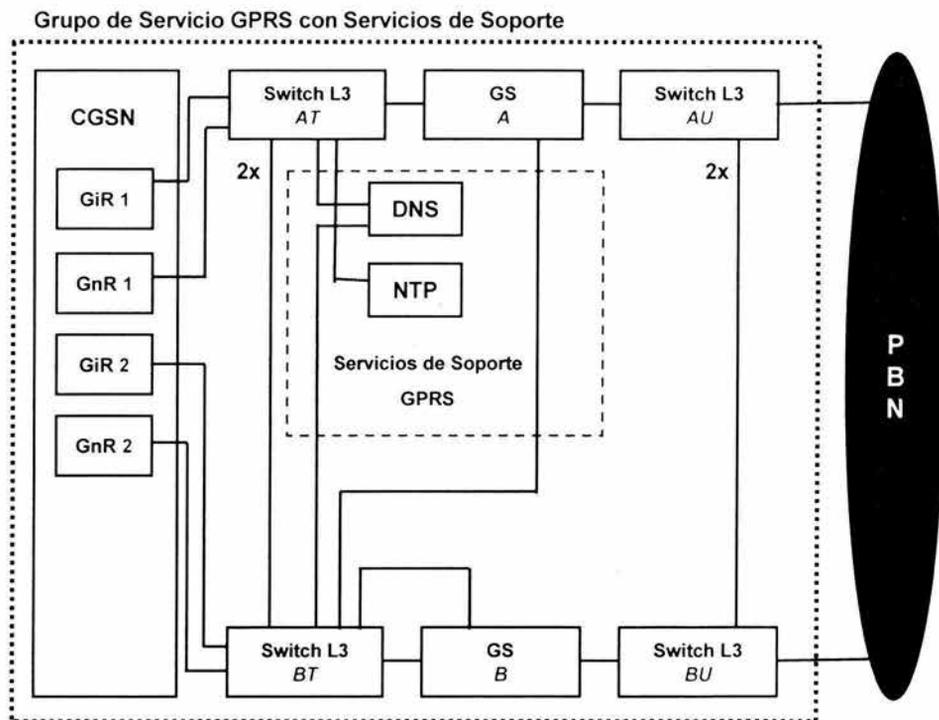


Figura 4-31 Grupo de Servicio GPRS con Servicios de Soporte

4.14.1 Descripción de los Equipos

El equipo que será incluido para el DNS y servidor NTP puede tener las siguientes características:

4.14.1.1 Servidor DNS

SUN Netra T1 con:

- 1 CPU UltraSPARC Iii 400 Mhz.
- 2 Mb de Cache externa.
- 256 Mb de almacenaje primario
- 2 discos internos de 18.2 GB UW-SCSI (El segundo disco para backups internos)
- 1 Drive CD-ROM interno.
- 2 interfases 100BaseT en tarjetas.
- 1 UW-SCSI en tarjeta.

4.14.1.2 Servidor NTP

TruTime NTS-200 con:

- Conexión Ethernet 10/100Base-T.
- -48 Vdc opción.

4.15 Resumen de Lista de Equipamiento

La tabla 4-35 muestra el equipamiento que es necesario en cada sitio para la primera fase de este diseño:

Ubicación	CGSN Versión 2.1 Nokia	Servidor NTP TrueTime NTS-200	Servidor DNS Sun Netra T1	Gateways de Seguridad Netscreen 100	Switch L3 Extreme Networks Summit 48i
México Norte (Morales)	1	1	1	2	4
México Sur (Portales)	1	1	1	2	4
Guadalajara (Anahuac)	1			2	4
Guadalajara (Banderas)	1			2	4

Tabla 4-35 Equipamiento

4.16 Soporte GPRS en Células

Para poder realizar casos de tráfico GPRS como "attach" y activación de "PDP Context" es necesario que la terminal soporte la tecnología GPRS, que el abonado tenga los permisos necesarios para poder emplear la red GPRS, y estar en área de servicio GPRS.

Para que exista área de servicio GPRS es necesario definir una o más células que soporten GPRS en la PLMN de casa.

4.16.1 Definición de Células GPRS

El número de células que se definirán para cada región en estudio se listan en la tabla 4-36.

Región 4		CGSN Monterrey
BSC		Número de Celdas que se requieren con Soporte GPRS
Anahuac I	ANBSC1	327
Anahuac II	ANBSC2	339
Región 5		CGSN Guadalajara
BSC		Número de Celdas que se requieren con Soporte GPRS
Banderas	BABSC1	338
Tlaquepaque	TLBSC1	349

Región 9 CGSN México Norte	
BSC	Número de Celdas que se requieren con Soporte GPRS
Cuautitlan	222
Malinche	230
Nextengo	238
Popotla	228
Tecamachalco I	232
Región 9 CGSN México Norte	
BSC	Número de Celdas que se requieren con Soporte GPRS
Xochimilco	149
Portales	166
Carrasco	175
Neza	179
Tecamachalco II	179
Urraza	159

Tabla 4-36 Número de Celdas por BSC con Soporte de GPRS

Para cambiar y activar los recursos de GPRS en las células, es necesario ejecutar algunos comandos ó mediante una interfaz gráfica por medio del OSS de GSM para realizar los cambios necesarios en las BSCs (Base Station Controller).

4.16.1.1 Comandos para soportar GPRS en Células

Comando para cambiar los datos de GPRS en las Células

El siguiente comando cambia los datos específicos de GPRS en una célula, sobre una plataforma AXE:

`RLGSC: CELL=XXX, FPDCH=YYY, GAMMA=ZZZ;`

Donde:

CELL=XXX Es la designación de la célula, por ejemplo: CELL=DFCUA.
Donde DFCUA es el nombre de la célula.

FPDCH=YYY Donde YYY es el número de PDCHs (Packet Data Channels) dedicados que se configuran en la célula, y el rango de valores es de 0 a 8 PDCHs.

GAMMA=ZZZ Donde Gamma es un parámetro de regulación de potencia que la Estación Móvil emplea para controlar la potencia de salida, el rango de valores es de 0 a 62.

Comando para activar el servicio de GPRS en las Células

El siguiente comando activa el servicio de GPRS en la Célula:

`RLGSI: CELL=XXX;`

Donde:

CELL=XXX XXX es el nombre de la célula que se activa para GPRS

Si la célula está activa en "circuitos switcheados", el soporte de GPRS se activa para la célula y de acuerdo al valor especificado en el parámetro FPDCH, el correspondiente número de Canales de Tráfico (TCHs) son asignados y activados como PDCHs dedicados. Si no hay suficientes TCHs libres cuando el comando se ejecuta, los TCHs serán asignados y activados como PDCHs dedicados cuando estén disponibles.

Los TCHs serán asignados y activados como PDCHs dedicados cuando la célula esté activa.

Si la célula está activa en "circuitos switcheados", pero el soporte de GPRS no está activo para la célula, el TCH será asignado y activado como PDCH dedicado cuando el soporte GPRS es activado.

4.17 Evaluación Económica

Un factor de suma importancia en el diseño de una red de telecomunicaciones es el monto de capital disponible para llevarla a cabo. Seguramente las redes con mayor redundancia en sus partes y elementos resultan más caras, por otro lado, en tanto más ancho de banda se requiera a nivel local y a nivel de backbone, los costos tienden a incrementarse. Por lo tanto, es necesario realizar un balance entre los costos de la red y el rendimiento de la misma, en el momento de hacer una propuesta.

Resultados

- Se logró alcanzar el objetivo establecido en este trabajo de tesis, que es establecer las bases necesarias para implementar la tecnología GPRS en una red de Telefonía Celular GSM, con la finalidad de proporcionar servicios de datos, voz y video a través de una sola Red Celular.
- En este trabajo de tesis se logró dimensionar una red GPRS con capacidad de 184,020 suscriptores, con 73,608 usuarios simultáneamente registrados y con el mismo número de "PDP Context" activos.
- La red diseñada tiene la capacidad de proporcionar servicios GPRS en 3,510 células, con un canal Packet Data Channel (PDCH) dedicado para cada célula.
- La red GPRS diseñada contempla un grado elevado de robustez, escalabilidad, capacidad, alta disponibilidad, además de redundancia y de carga compartida en todos sus elementos; en la parte de Core, interfases, BSCs/PCUs, Grupos de Servicio y Servicios de Soporte GPRS.
- La red GPRS diseñada tiene un grado elevado de seguridad, en la parte de los Grupos de Servicio GPRS, HLRs, BSCs/PCUs, interfases e ISPs.

Conclusiones Generales

- El sistema GPRS (General Packet Radio Services) se ha desarrollado para eludir las ineficiencias de los Sistemas Celulares de segunda generación como bajas tasas de datos, tiempo de conexión elevado y factoraje de tasación de paquetes elevado.
- El diseño del sistema GPRS presentado en este trabajo se encuentra en una posición para evolucionar a redes de tercera generación como lo es Universal Mobile Telecommunications System (UMTS).
- El nodo GPRS seleccionado en este trabajo de tesis combina características usualmente asociadas con la comunicación de datos, tales como compactibilidad y alta funcionalidad con características de telecomunicaciones, tal como robustez y escalabilidad.
- El nodo CGSN fue dimensionado para una primera fase de operación del sistema GPRS, con capacidad de 80,000 SAU y 80,000 PDP Context.
- El análisis de diseño del sistema GPRS presentado en este trabajo de tesis cumple con las normas y estándares de ITSE.
- El Grupo de Servicio GPRS y en particular los Gateways de Seguridad tienen un desempeño muy alto, de tal forma que no es necesario cambiar el diseño a consecuencia del crecimiento del tráfico (esperado e inesperado).
- La distribución geográfica del tráfico de la interfaz Gi no es de acuerdo a la distribución de los suscriptores. La distribución del tráfico de la Gi se realiza de acuerdo a la ubicación de los puntos de interconexión hacia los ISPs y corporativos.
- La distribución del tráfico en la interfase Gb es proporcional al número de SAU servidos por los diferentes sitios

- Es necesario realizar una planeación celular eficiente, ya que la interferencia afecta considerablemente la transferencia de datos, ocasionando incluso que el Throughput en las capas RLC y LLC sea nulo.
- Para el buen funcionamiento de la red es necesario realizar optimización de parámetros, análisis de estadísticas en todos los niveles para toma de decisiones, activación de nuevas funciones, mantenimiento de equipos, dimensionamiento periódico en equipos e interfases y actualizaciones de hardware y software.

Glosario

APN	Access Point Name
APT	Sistema de Conmutación
APZ	Sistema de Procesamiento de Datos
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AUC	Authentication Centre
BCCH	Broadcast Control Channel
BER	Bit Error Rate
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BSSGP	Base Station System GPRS Protocol
BTS	Base Station System
BVCI	BSSGP Virtual Connection Identifier
CCCH	Common Control Channel
CCS	Subsistema de Señalización por Canal Común
CDMA	Code Division Multiple Access
CDR	Call Detail Record
CGSN	Combined GPRS Support Node
CHS	Subsistema de Tasación
CMS	Cellular Mobile System
CPS	Subsistema de Procesador Central
CS	Circuit Switched
CU	Control Unit
DCE	Data Communication Equipment
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DL	Downlink
DLCI	Data Link Control Identifier
DMZ	Demilitarized Zone
DNS	Domain Name System
DTE	Data Terminal Equipment
EIR	Equipment Identity Centre
ERI	Central Interfaz de Radio
ESRP	Extreme Standby Router Protocol
ETC	Exchange Terminal Circuit
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FPDCH	Fixed Packet Data Channel
FTP	File Transfer Protocol
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GoS	Grade of Service
GPRS	General Packet Radio Service
GS	Group Switch
GSL	GPRS Signalling Link
GSM	Global System for Mobile Communications
GSN	GPRS Support Node
GSS	Subsistema de Selector de Grupo
GTP	GPRS Tunnelling Protocol
HA	High Availability
HLR	Home Location Register
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IOS	Subsistema de Entrada Salida

IP	Internet Protocol
IPsec	IP Security Protocol
ISP	Internet Service Provider
ITU-T	International Telecommunication Union Telecommunication Standardisation
LA	Location Area
LAN	Local Area Network
LLF	Link Layer Forwarding
MAP	Mobile Application Part
MAS	Subsistema de Mantenimiento
MCS	Subsistema de Conmutación Hombre-Maquina
MGT	Mobile Global Title
MO SMS	Mobile Originated Short Messages Service
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
MSISDN	Mobile Subscriber ISDN Number
MT	Mobile Terminal
MTP	Message Transfer Part
MTS	Subsistema de Telefonía Móvil
MTX	Central Digital de Telefonía Celular
NMS	Network Management Subsystem
NS	Network Service
NSE	Network Service Entity
NSEI	Network Service Entity Identifier
NS-VC	Network Service Virtual Connection
NSVCI	Network Service Virtual Connection Identifier
NTP	Network Time Protocol
OMC	Centro de Operación y Mantenimiento
OMS	Subsistema de Operación y Mantenimiento
OyM	Operación y Mantenimiento
OSS	Sistema de Soporte y Operación
PACCH	Packet Associated Control Channel
PBCCH	Packet Broadcast Control Channel
PBN	Packet Backbone Network
PCCCH	Packet Common Control Channel
PCU	Packet Control Unit
PDCH	Packet Data Channel
PDP	Packet Data Protocol
PDTCH	Packet Data Traffic Channel
PLMN	Public Land Mobile Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
PVC	Permanent Virtual Circuit
RA	Routing Area
RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Service
RCG	Grupo de Canal de Radio
RPP	Regional Processor with Power PC
SA	Service Area
SAT	Tono de Supervisión de Audio
SAU	Usuarios registrados simultáneamente
SCCP	Signalling Connection Control Part
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIM	GSM Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
SMS-GMSC	Gateway MSC de Servicios de Mensajes Cortos
SMS-IW MSC	SMS Interworking MSC
SNMP	Simple Network Management Protocol
SPC	Signalling Point Code

SPS	Subsistema de Procesador de Soporte
SS	Sistema de Switcheo
SS7	Signalling System No. 7
STP	Signalling Transfer Point
TCAP	Transaction Capabilities Application Part
TCH	Traffic Channel
TCS	Subsistema de Control de Tráfico
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
TS	Time Slot
TSS	Subsistema de Señalización y Troncales
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UNI	User Network Interface
UDP	User Datagram Protocol
UPD	User Part Devices
VLAN	Virtual Local Area Network
VLR	Visitor Location Register
VPN	Virtual Private Network

Bibliografía

1. BLACK, Uyles. *Tecnologías Emergentes para Redes de Computadoras*. Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. 1999.
2. FORD, Merilee. *Tecnologías de Interconectividad de Redes*. Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. 1998.
3. HABRAKEN, Joe. *Routers Cisco*. Primera Edición. Editorial Prentice Hall. 2000.
4. HOLMA, Toskala. *WCDMA for UMTS*. Primera Edición. Editorial John Wiley & Sons. 2001.
5. KAARANEN, Heikki. *UMTS Networks Architecture, Mobility and Services*. Primera Edición. Editorial John Wiley & Sons. 2001.
6. STEELE, Raymond. *Mobile Radio Communications Second and Third Generation Cellular and WATM Systems*. Segunda Edición. Editorial John Wiley & Sons. 2001.
7. TAFERNER, Manfred. *Wireless Internet Access over GSM and UMTS*. Primera Edición. Editorial Springer. 2002.
8. TISAL, Joachim. *GSM Cellular Radio Telephony*. Segunda Edición. Editorial John Wiley & Sons. 1997.
9. TOMASI, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. 1996.
10. WACKER, Achim. *Radio Network Planning and Optimisation for UMTS*. Primera Edición. Editorial John Wiley & Sons. 2002.
11. WALKE, Bernhard. *Mobile Radio Networks, Networking, Protocols and Traffic Performance*. Segunda Edición. Editorial John Wiley & Sons. 2002.
12. WONG, Peter. *Mobile Data Communications Systems*. Segunda Edición. Editorial Artech House. 1995.

Direcciones Electrónicas Consultadas

1. www.3gpp.org
2. www.ericsson.com
3. www.etsi.org
4. www.extremenetworks.com
5. www.gsmworld.com
6. www.ietf.org
7. www.isc.org

8. www.netscreen.com
9. www.nokia.com
10. www.openmobilealliance.org
11. www.tektronix.com
12. www.wapforum.org