

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**ESTRUCTURA Y DESCRIPCIÓN DE UNA RED GSM, MÓDULO DE
INFORMACIÓN DEL USUARIO (SIM CARD) Y SEGURIDAD DEL
ABONADO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

**PRESENTADO POR:
FÉLIX RAÚL ARROYO HERRERA**

PROMOCIÓN
1994-II
LIMA-PERÚ
2003

A mi esposa e hijo quienes son lo más importante en mi vida y que han soportado todo el sacrificio que tomo hacer este documento, gracias a ellos, a Dios, a mi familia y para todos aquellos que me dieron fuerzas y ánimos para seguir adelante.

**ESTRUCTURA Y DESCRIPCIÓN DE UNA RED GSM, MÓDULO DE
INFORMACIÓN DEL USUARIO SIM CARD Y SEGURIDAD DEL
ABONADO**

SUMARIO

Explicar y describir la estructura y el funcionamiento de los diferentes componentes de una red celular GSM (Global System for Mobile Communications), describir las características y facilidades del Módulo de Identidad del Abonado SIM (Subscriber Identity Module) Card, los aspectos de seguridad asociados; así como también explicar y describir las ventajas y características fundamentales del sistema GSM instalado en el Perú. También hacer una breve descripción del hardware utilizado en la red GSM proporcionada por Nokia.

El contenido de los 8 capítulos se resumen en los siguientes títulos:

1. Introducción al GSM.
2. Arquitectura de la Red GSM.
3. Señalización en la Red GSM.
4. Módulo de Identidad del Abonado SIM Card.
5. Seguridad del Abonado.
6. Servicios y Facilidades de una Red GSM.
7. Descripción de la 1ra red GSM en el Perú.
8. Estructura y Hardware Específico de un Sistema DX 200

TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	3
INTRODUCCIÓN AL GSM	3
1.1 Requerimientos y Experiencias	3
1.2 Ventajas del GSM	4
1.3 Evolución del Sistema GSM	5
1.4 Otras Tecnologías Celulares	5
1.4.1 Advanced Mobile Phone Service AMPS	6
1.4.2 Narrow APMS	6
1.4.3 Time Division Multiple Access TDMA	6
1.4.4 Extended TDMA	6
1.4.5 Personal Communications Systems PCS	7
1.4.6 Code Division Multiple Access CDMA	7
1.5 Tabla de Acontecimientos	8
CAPÍTULO II	9
ARQUITECTURA DE LA RED GSM	9
2.1 Subsistemas	9
2.2 El Subsistema de Estaciones Base (BSS)	10
2.2.1 Funciones Principales del BSC	12
2.2.2 Interfaz Abis, Canales de Tráfico y Señalización	13

VI

2.2.3	Protocolos en la Interfaz Abis	14
2.2.4	El Transcoder	15
2.3	Subsistema de Conmutación de Red (NSS)	18
2.3.1	Funciones Básicas del NSS	18
2.3.2	Unidades Funcionales	18
2.3.3	La Interfaz A	21
2.3.4	Protocolos en la Interfaz A	22
2.3.5	Interfaces libres en el MSC	23
2.3.6	Protocolos MSC	24
2.4	Subsistema de Operación y Mantenimiento (OMC)	25
2.4.1	Funciones del OMC	26
2.5	Transmisión Terrestre y vía Radio	27
2.5.1	Bandas de Frecuencias utilizadas en GSM	27
2.5.2	Multiacceso TDMA	27
2.5.3	Sistema de Modulación en GSM	29
	CAPÍTULO III	35
	SEÑALIZACIÓN EN LA RED GSM	35
3.1	Introducción	35
3.2	Señalización en GSM	35
3.3	Sistemas y Protocolos de Señalización	36
3.4	Señalización del MSC	39
3.5	Señalización del BSC	40
3.6	Protocolos de Señalización en la Interfaz Radio o Aire	42
3.6.1	Objetivos	42

VII

3.6.2	Canales Lógicos y Canales Físicos	43
3.6.3	Canales de Tráfico	48
3.6.4	Formato de Ráfaga (Burst)	48
3.6.5	Gestión de los Recursos Radio RR	51
3.6.6	Gestión de Movilidad MM	51
3.6.7	Gestión de Conexión CM	52
CAPÍTULO IV		54
MÓDULO DE IDENTIDAD DEL ABONADO SIM CARD		54
4.1	Alcances	54
4.2	Definición	54
4.3	Funciones	55
4.4	Información Almacenada en el SIM	55
4.5	Características de Seguridad	56
4.6	Estructura Interna del Módulo SIM	57
4.7	Datos que se Almacenan en el SIM	58
CAPÍTULO V		67
SEGURIDAD DEL ABONADO		67
5.1	Identificación de Abonados Móviles	67
5.1.1	IMSI	67
5.1.2	TMSI	68
5.1.3	LMSI	68
5.1.4	MSISDN	69
5.1.5	IMEI	69
5.2	Autenticación y Cifrado	70

VIII

5.2.1	Introducción	70
5.2.2	Confidencialidad del IMSI	70
5.2.3	Autenticación de la Identidad del Usuario	71
5.2.4	Confidencialidad de los datos de Usuario en las Conexiones Físicas	72
5.2.5	Confidencialidad de los datos de Usuario en el modo sin Conexión	72
5.2.6	Confidencialidad en los Elementos de Información de Señalización	72
5.3	Procedimientos de Seguridad	73
5.3.1	Algoritmos de Seguridad	73
5.3.2	Confidencialidad de la Identidad del Abonado	74
5.3.3	Autenticación	75
5.3.4	Cifrado	78
	CAPÍTULO VI	80
	SERVICIOS Y FACILIDADES QUE OFRECE LA RED GSM	80
6.1	Introducción	80
6.2	Clasificación de los Servicios	80
6.2.1	Servicios Básicos	80
6.2.2	Servicios Suplementarios	81
6.3	Teleservicios	82
6.3.1	Voz y Llamadas de Emergencia	83
6.4	Servicio de Mensajes Cortos	83
6.5	Transmisión de Facsímil (T61 y T62)	85
6.6	Servicios Portadores	86
6.6.1	Categorías de Servicios Portadores	86
6.7	Servicios Suplementarios	89

6.8	Nuevos Servicios y Nuevas Tecnologías	90
6.8.1	HSCSD	90
6.8.2	GPRS	92
6.8.3	EDGE	92
CAPÍTULO VII		94
DESCRIPCIÓN DE LA RED GSM EN EL PERÚ		94
7.1	Información General Proceso de Adjudicación de la Banda 1900	94
7.2	TIM y las telecomunicaciones	94
7.3	Implementación de la Red GSM	96
7.3.1	Arquitectura de Red	96
7.3.2	Plataforma DX 200	97
7.4	Arquitectura DX200 MSC/VLR	99
7.4.1	Unidades Funcionales en el MSC/VLR	100
7.4.2	Unidades de Señalización	100
7.4.3	Unidades Relacionadas a la Conmutación	100
7.4.4	Unidades de Estadísticas y Bases de Datos	101
7.4.5	Unidad de Datos Relacionados e Interfaces Externas	101
7.4.6	Otras Unidades	102
7.5	DX200 HLR/AuC/EIR	102
7.5.1	Unidades Funcionales en el HLR	102
7.6	DX200 BSC	103
7.6.1	Unidades Funcionales en el DX 200 BSC	104
7.7	NOKIA NMS/2000	105
7.7.1	Unidades Funcionales en el NMS/2000	106

7.8	Nokia Estaciones Base BTS	107
7.8.1	Familia de Estaciones Base Nokia	108
7.9	Servicios y Facilidades	108
7.9.1	Servicio de Mensajes Cortos	109
7.9.2	Servicio de Correo de Voz VMS	110
7.9.3	Roaming Automático	112
7.9.4	Red Privada Virtual VPN	115
	CAPÍTULO VIII	116
	ESTRUCTURA Y HARDWARE ESPECIFICO DE UN SISTEMA DX 200	116
8.1	Estructura y Hardware de un BSC DX 200	116
8.2	Elementos Hardware que conforman el BSC DX 200	116
8.3	Descripción de las Unidades Funcionales del BSC	117
8.3.1	Grupo de Conmutación (GSW)	117
8.3.2	Unidad de Manejo Celular y Marcador (MCMU)	118
8.3.3	Unidad de Señalización (BCSU)	118
8.3.4	Unidad de Operación y Mantenimiento (OMU)	119
8.3.5	Bus de Mensajes (MB)	120
8.3.6	Terminal de Intercambio (ET)	121
8.3.7	Unidad de Reloj y Sincronismo (CLS)	122
8.3.8	Transcodificador (TCSM)	122
8.4	Estructura y Hardware Específico de un MSC DX 200	122
8.5	Elementos Hardware que conforman el MSC DX 200	123
8.6	Descripción de las Unidades Funcionales del MSC	126
	CONCLUSIONES	132

ANEXO A	135
GLOSARIO DE TÉRMINOS	135
BIBLIOGRAFÍA	139

PRÓLOGO

En la red fija cada abonado tiene su línea de acceso individual (bucle de abonado). La localización del abonado es fija e invariable y esta asociado a un lugar: el de la ubicación del teléfono, por lo que el número telefónico también está vinculado al mismo sitio. Si el usuario posee otro domicilio donde haya teléfono, tendrá otro número en ese lugar, así cada vez que se mueva a algún sitio donde haya teléfono siempre tendrá un número diferente.

Ahora lo que mencionaremos, trata sobre la telefonía inalámbrica de forma que el abonado tenga la mas amplia libertad de movimiento y pueda acceder, vía radio, a centrales de conmutación a través de estaciones base radioeléctricas. Para ello, se debe desplegar una infraestructura de tales estaciones cuya cobertura abarque todo un país o incluso un continente.

La localización del abonado debe ser dinámica, ya que por definición el usuario puede moverse por la red, por lo que debe actualizarse su posición en función del desplazamiento y del tiempo, a fin de que la red sepa cuando el abonado esta activo y cuando no lo esta. Esta libertad de conexión del abonado a la red, permite que el usuario tenga un único número telefónico, y por lo tanto, tenga un carácter personal estando vinculado a una persona y no a un área.

El presente informe proporciona una introducción de conceptos, especificaciones, redes y servicios básicos de GSM. Se proporciona una breve historia de la evolución de la red GSM, posteriormente se describirán conceptos

básicos de la estructura de una red GSM en general, de los subsistemas y sus componentes que lo conforman, se discutirán también los elementos de señalización, protocolos e interfaces; veremos una de las características más importantes de la tecnología GSM la cual es el SIM Card o CHIP que es el cerebro principal del equipo móvil; se describirán sus características funcionales y ventajas que ofrecen a los abonados; finalmente se detallará los elementos que conforman la primera red GSM que se ha instalado en el Perú por parte de la transnacional Telecom Italia Mobile TIM así como de las principales facilidades que actualmente brinda el sistema.

Para lograr éste objetivo, se ha recopilado información de varias fuentes muchas de ellas provenientes de la web vía Internet, así mismo se ha obtenido información de primera mano de la misma empresa de telecomunicaciones TIM a quienes agradezco profundamente por el apoyo brindado, también cabe mencionar el apoyo proporcionado por mi asesor Ing. Percy Fernández quien me brindó las pautas necesarias para la elaboración del presente trabajo.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN AL GSM

1.1. Requerimientos y Experiencias

Al principio de los 80's en varias ciudades europeas se tenían muchos sistemas telefónicos móviles que eran incompatibles entre ellos. Al mismo tiempo se incrementó remarcablemente la necesidad de los servicios de telecomunicaciones. Debido a esto, la CEPT (Conferencia Europea de Administradores de Telecomunicaciones) fundó un grupo especial para definir un sistema móvil común para todo el este de Europa. Este grupo fue llamado "Group Special Mobile".

Esta abreviación se interpretó en otras formas, siendo la expresión mas común en nuestros días la de Global System for Mobile Communications GSM.

De esta forma el GSM se ha extendido por todo el este de Europa, África, Asia y Australia. Los EE.UU., Sur América y Japón han optado por otros sistemas móviles, los cuales no son compatibles con el GSM. Sin embargo en EE.UU. se ha adoptado el PCS que usa la tecnología del GSM con algunas variaciones.

Durante el tiempo que el sistema GSM estuvo siendo normado, se previó que los monopolios de las telecomunicaciones fueran disueltos. Este desarrollo, fijaría algunos requerimientos concernientes a las especificaciones del sistema GSM; los cuales se construyen dentro de las especificaciones como sigue:

1. Deberían haber varios operadores de redes en cada ciudad, para permitir competencia en tarifas; esto fue asumido como la mejor forma de asegurar una expansión rápida del GSM; los precios de los equipos deberían disminuir y

el usuario final tendría tarifas bajas.

2. El sistema GSM debe ser un sistema abierto, significando esto que debería tener bien definidas sus interfaces entre las diferentes partes del sistema. Esto permite a los equipos de diferentes fabricantes, coexistir y por lo tanto mejorar la eficiencia del costo del sistema desde el punto de vista del operador.
3. La red GSM debe ser construida sin causar grandes cambios a la ya existente Red Telefónica Pública Conmutada (Public Switch Telephone Network – PSTN).

Adicionalmente a las recomendaciones anteriores, se definieron otros objetivos como:

- El sistema debe tener un carácter Paneuropeo, realizar y recibir llamadas de cualquier país europeo con un número único.
- El sistema debe contener una buena calidad de voz y servicios de datos.
- El sistema debe usar radio frecuencias tan eficientemente como sea posible.
- El sistema debe ser compatible con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) o ISDN, PSTN y PDN (Public Data Network)
- El sistema debe ser compatible con otras especificaciones de comunicación de datos.
- El sistema debe mantener una buena seguridad tanto para el abonado como para la red.

1.2. Ventajas del GSM

Debido a los requerimientos fijados para el sistema GSM, se pueden obtener muchos beneficios y ventajas. Estos beneficios pueden ser resumidos en:

- a. El GSM usa las frecuencias de radio eficientemente, y debido a la ruta radio digital, el sistema acepta muchos disturbios entre celdas.
- b. El promedio de calidad de voz alcanzado es mucho mejor que en un sistema analógico.
- c. El GSM soporta la transmisión de datos a través de su red.
- d. Esta totalmente garantizada la seguridad de la información de voz, la cual es encriptada y codificada.
- e. Debido a la compatibilidad con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), se ofrecen nuevos servicios.
- f. El roaming internacional es técnicamente posible dentro de todas las ciudades que emplean el sistema GSM.

1.3. Evolución del Sistema GSM

Inicialmente se decidió que el GSM debería evolucionar en el tiempo. Con los avances en computación y en tecnologías de acceso radio, el GSM ofrecería continuas mejoras y más nuevos servicios. Las especificaciones para GSM 800 y GSM 1800 fueron mezcladas y los nuevas servicios suplementarios adicionales fueron definidos, el servicio de SMS fue mejorado y también se mejoró el acceso al SIM Card.

Después de las recomendaciones de la “Fase 2”, el GSM continuó evolucionando muy rápido. Nuevas características se introducen en el GSM y las mejoras son tantas que se tubo que crear la “Fase 2+”.

1.4. Otras Tecnologías Celulares

Varias son las tecnologías celulares que actualmente se han implementado a nivel mundial, describiremos las más utilizadas.

1.4.1. Advanced Mobile Phone Service AMPS

Tecnología analógica que aparece antes que las tecnologías digitales. Utiliza la banda de 800 MHz y 900 MHz, tiene un ancho de banda de 30 KHz. para cada canal de voz, fue el primer servicio celular estandarizado en el mundo y es actualmente utilizado en muchos países. Fue diseñado para ser utilizado en la ciudad pero rápidamente se convirtió también para su uso en áreas rurales. Utiliza al máximo el concepto de rehuso de frecuencias. Algunas limitaciones de AMPS son: baja capacidad de llamadas, espectro limitado, comunicación de datos muy pobre, mínima privacidad, mala protección contra el fraude.

1.4.2. Narrow APMS

Fue creado para aumentar la capacidad de llamadas en AMPS, comprime el espectro de 30 KHz. a 10 KHz. , lo que le permite tener hasta tres llamadas en un solo canal AMPS. Esto aumenta la posibilidad de interferencia porque el ancho de banda del canal se reduce.

1.4.3. Time Division Multiple Access TDMA

Es una tecnología de transmisión digital que permite a un número de usuarios acceder a un canal de radio-frecuencia sin interferencia ubicando en un único time slot a cada usuario dentro de cada canal. El esquema de transmisión digital TDMA, multiplexa tres señales sobre un solo canal. El estándar de TDMA divide un único canal en seis time slots, en donde cada señal ocupa dos time slots, proporcionando una ganancia de 3 a 1 en capacidad con respecto al AMPS. Cada llamada es asignada a un time slot específico para la transmisión.

1.4.4. Extended TDMA

Es un TDMA Extendido, posee una capacidad de quince veces más que el

sistema celular analógico. Esta capacidad es alcanzada comprimiendo el tiempo durante la llamada. E-TDMA divide el número finito de frecuencias en más time slots que TDMA, esto le permite soportar más llamadas en simultáneo.

1.4.5. Personal Communications Systems PCS

El espectro de frecuencias que define el operador tiene un número definido de canales. El plan de frecuencias asigna canales específicos a celdas específicas, siguiendo un patrón de rehuso de frecuencias para cada ubicación. Las bandas de frecuencias se asignan por pares para el sentido ascendente y descendente.

1.4.6. Code Division Multiple Access CDMA

Es una interfaz digital estándar, atribuyendo ocho a quince veces la capacidad de un sistema analógico. Emplea comercialmente una adaptación del espectro único ensanchado de la tecnología militar. Utilizan la tecnología del espectro ensanchado, los usuarios están separados por códigos, ellos pueden compartir la misma frecuencia portadora, eliminando así el problema del rehuso de frecuencia que se tienen en AMPS y DAMPS. Cada celda CDMA puede utilizar la misma banda de 1.25 MHz. CDMA es un sistema limitado de interferencia, a diferencia de AMPS y de TDMA, CDMA tiene una capacidad limitada, como cada usuario es una fuente de ruido en el canal compartido esto hace que el ruido final sea acumulativo por cada usuario. Esto crea un límite de usuarios que el sistema puede sostener, Los móviles que transmiten a excesiva potencia incrementan la interferencia de otros móviles. Por ello CDMA precisa de un control de potencia, el cual es bastante crítico. El objetivo es mantener cada móvil en el menor nivel de potencia que sea necesario para garantizar una adecuada calidad de servicio. Idealmente la potencia que reciba la estación base por cada móvil debería ser la misma, y evitar de esta manera la

interferencia por ruido.

En el siguiente cuadro se detallan los acontecimientos más importantes de la evolución del GSM

1982	CEPT inició un nuevo sistema celular. La Comisión Europea dictó directivas para que sus miembros reservaran frecuencias en la banda de 900 MHz para permitir al GSM que haga el roaming.
1985	La CEPT realiza una agenda de eventos y toma un plan de acción.
1986	La CEPT prueba 8 sistemas experimentales en Paris.
1987	Se envía un Memorandum de Entendimiento (MoU). Ubicando las frecuencias en: <ul style="list-style-type: none"> • 890 - 915 MHz uplink (del móvil a la estación base) • 935 - 960 MHz downlink (de la estación base al móvil)
1988	Se crea el Instituto Europeo de Normas en Telecomunicaciones (ETSI).
1989	Finaliza la fase 1 de GSM en lo que respecta a recomendaciones y especificaciones.
1990	Se implementan sistemas de validación y el primer congreso mundial de GSM se realiza en Roma con 650 participantes.
1991	El 1 de Julio se efectúa la primera llamada oficial de GSM.
1992	La primera red de GSM se lanza en Finlandia. Para Diciembre ya habían 13 redes operando en 7 áreas. Operadores de Australia fueron los primeros no europeos que adoptaron el GSM MoU. Se ubican nuevas frecuencias para GSM 1800 (DCS 1800). <ul style="list-style-type: none"> • 1710 - 1785 MHz (uplink) • 1805 - 1880 MHz (downlink)
1993	Se hizo la primera demostración de GSM en África en Telkom '93 en Cape Town. Se firman contratos para hacer roaming entre varios operadores establecidos. Para Diciembre de 1993 ya hay 32 redes GSM operando en 18 localidades.
1994	La primera red GSM se lanza en África. La fase 2 de GSM datos/fax y servicios portadores fueron lanzados. Para Diciembre de 1994 ya se tienen 69 redes GSM en operación. La GSM MoU es formalmente registrada como una asociación en Suiza con 156 miembros de 86 áreas. El congreso mundial de GSM fue acogido en Madrid con mas de 1400 participantes.
1995	Se tienen 117 redes GSM operando alrededor del mundo. Se completa la normalización de la fase 2 de GSM, incluyendo adaptación para GSM 1900 (PCS 1900). La primera red GSM de 1900MHz se implementó en USA.
1996	Se tienen 120 redes GSM operando. Se lanza la tarjeta SIM de 8K en adición a la tarjeta prepago existente.
1998	Se prueban trials en Singapore de HSCSD (High Speed Circuit Switched Data). Se tienen mas de 2 millones de usuarios GSM 1900 en USA y mas de 120 millones de usuarios GSM a nivel mundial en 900/1800/1900.
1999	La primera llamada de datos usando GPRS se realiza en una red GSM operativa. Se tienen 344 redes GSM a nivel mundial en 127 diferentes países.

Tabla 1.1 Evolución histórica del GSM

CAPÍTULO II ARQUITECTURA DE LA RED GSM

2.1. Subsistemas:

Al igual que otras redes telefónicas públicas, GSM tiene que realizar numerosas funciones, tales como: localización, identificación y registro con autenticación de los abonados, encaminamiento y conmutación de las llamadas con su respectivo cómputo y tarificación, señalización e interfuncionamiento con otras redes. Esta multiplicidad de funciones implica que una red GSM sea bastante compleja. Para realizar un mejor entendimiento y una descripción más detallada de la red GSM, se procede de una forma escalonada, dividiendo la red en subsistemas y estos a su vez en sistemas específicos.

Un subsistema puede entenderse como una entidad constituida por uno o mas equipos físicos encargados de ejecutar una tarea específica. La unión de todas estas tareas asegura el funcionamiento de la red.

En la Red Pública Móvil Terrestre (Public Land Mobile Network PLMN) GSM se distinguen los siguientes subsistemas:

- Subsistema de Estaciones Base, BSS (Base Station Subsystem)
- Subsistema de Conmutación de Red y Gestión, NSS (Network Switched Subsystem)
- Subsistema de Supervisión y Operación, OSS (Operation and Support Subsystem) o Subsistema de Operación y Mantenimiento, OMS (Operation and Maintenance Subsystem).

Cada subsistema esta formado por una o varias entidades funcionales que se intercomunican a través de diferentes interfaces mediante protocolos de señalización específicos. Las interfaces se designan por letras, tal como se muestra en la tabla adjunta.

INTERFAZ	UNIDADES FUNCIONALES RELACIONADAS
A	BSC – MSC
B	MSC – VLR
C	MSC – HLR
D	VLR – HLR
E	MSC – MSC
F	MSC – EIR
G	VLR – VLR

Tabla 2.1 Designación de interfaces de red GSM

Fuera de lo que es estrictamente la red, está el conjunto de unidades móviles (Mobile Station MS) que al no tener relación mutua no forma un subsistema, pero si tiene una entidad común. La relación entre éste conjunto y la red se realiza a través de la interfaz aire U_m , llamada también interfaz radio.

En la figura 2.1, se ilustra una estructura general de un sistema GSM, mostrándose los límites de cada una de las interfaces:

2.2. El Subsistema de Estaciones Base - BSS

La tarea principal del Subsistema de Estaciones Base - BSS es conectar al usuario móvil con el NSS a través de la interfaz radio o aire U_m . El subsistema de estaciones base comprende las funciones de capa física, según el modelo OSI, para la interconexión con las estaciones móviles (Mobile Station MS), a través de la interfaz

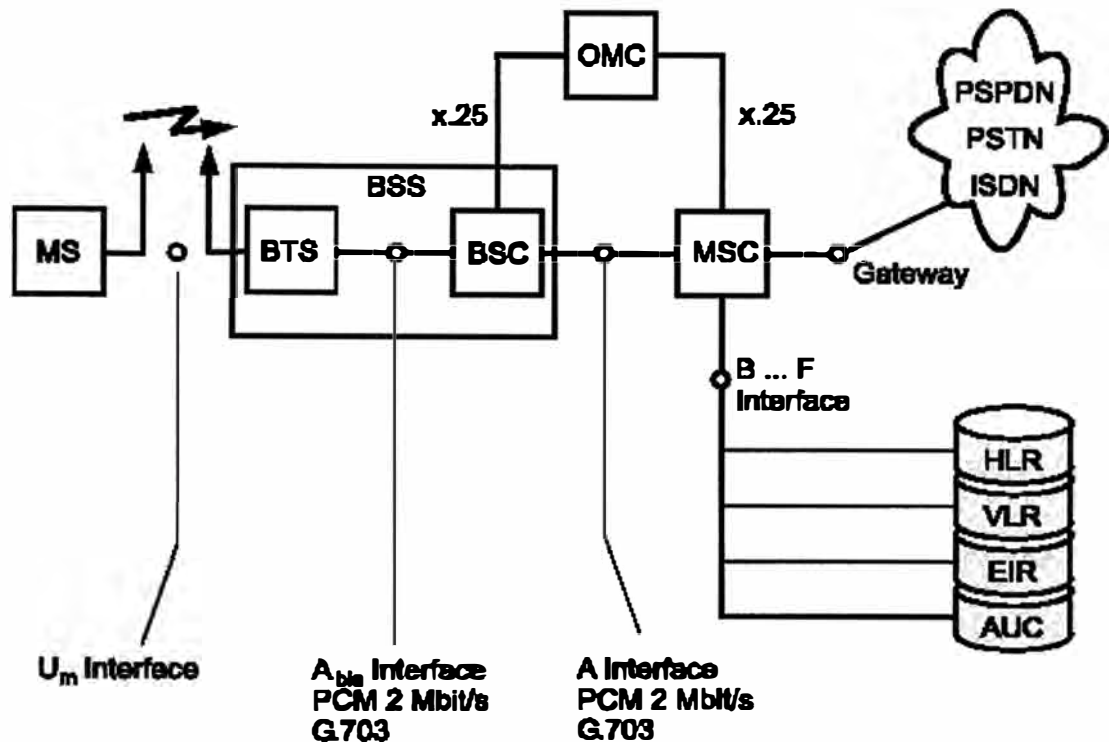


Figura 2.1 Arquitectura funcional de la red GSM y sus interfaces respectivas radio. Para ello se hace uso de un conjunto de canales lógicos. Los canales lógicos son estructuras de datos y protocolos que realizan funciones de intercambio de información necesaria para:

- Seguimiento y localización de las estaciones móviles y aviso a las mismas.
- Establecimiento de las llamadas.
- Mantenimiento de las comunicaciones establecidas.
- Supervisión y control de calidad.
- Facilidades operativas.

En el BSS se identifican dos unidades funcionales:

- a) Controlador de Estaciones Base (Base Station Controller BSC).
- b) Estaciones Base (Base Station Transceiver BTS).

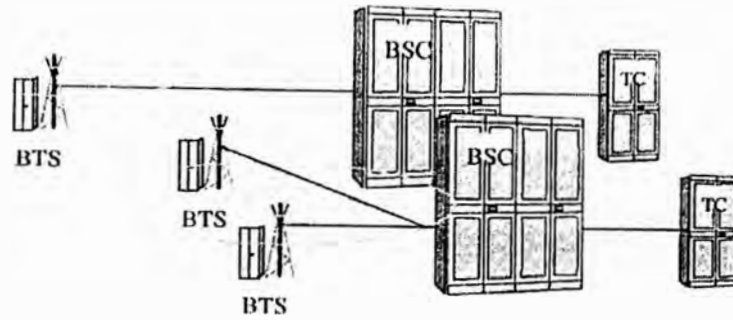


Figura 2.2 Estructura del BSS y la relación entre BSC, TC y BTSs

Ambas comparten un conjunto de funciones de control, BCF. La interfaz entre el BSC y la BTS se denomina “A-bis” ya que se definió con posterioridad en la normativa GSM, cuando se decidió subdividir funcionalmente al BSS.

También se considera al transcodificador (Transcoder TC) como parte del BSS, éste se encarga de realizar la conversión de 16 a 64 Kbps entre el BSC y la central de conmutación de abonados móviles (MSC). La interfaz entre el TC y el BSC se conoce como A-ter, mientras que entre el TC y el MSC se conoce como interfaz A.

El empleo del Transcoder permite reducir y hacer mas eficiente el empleo de líneas PCM hacia el MSC.

El Controlador de Estaciones Base (Base Station Controller BSC), es el elemento principal en la red del BSS y se encarga de controlar todos los elementos de la red radio. Ver figura 2.2.

2.2.1. Funciones Principales del BSC

- a. Conexión entre el MS y el NSS.
- b. Control de la movilidad del abonado.
- c. Colección de datos y estadísticas de las interfaces Aire U_m , A_{bis} y A.
- d. Configuración y gestión de los canales de tráfico.
- e. Control de los saltos de frecuencia.

- f. Búsqueda (Paging).
- g. Control de los traspasos (Handover).
- h. Control de potencia de la BTS y de los MS.
- 1. Control de la calidad e intensidad de campo de los canales activos.

2.2.2. Interfaz A_{bis} , Canales de Tráfico y Señalización

La interfaz A_{bis} se encuentra dentro del BSS y representa la división entre las funciones del BSC y las funciones de las BTSs. El BSC y una BTS pueden conectarse usando líneas físicas, radio enlaces o redes de área metropolitana (MAN).

Básicamente existen dos tipos de canal entre el BSC y la BTS:

- Canales de tráfico (TCH): Puede ser configurado en velocidad de 8, 16 y 64 Kbps y transportar datos de usuario.
- Canales de señalización: Pueden ser configurados en formatos de 16, 32, 56 y 64 Kbps y son usados para propósitos de señalización entre el BSC y las BTS.

Cada transceptor (TRX) dentro del BSC, generalmente, requiere un canal de señalización sobre la interfaz A_{bis} . La ubicación de las tramas de datos de usuario y tramas de datos de señalización, varía de fabricante en fabricante y de sistema en sistema. El único requerimiento es que la Señal de Alineamiento de Trama FAS/NFAS debe estar en el time slot 0.

El protocolo que se usa en la interfaz A_{bis} es el LAPD, el cual es adaptado de la Red Digital de Servicios Integrados RDSI.

Además de los procedimientos de señalización de radio, la interfaz A_{bis} proporciona un significado de transporte para procedimientos de operación y mantenimiento para las BTSs, tan igual como se hace en los mecanismos de

transporte de capa 2 que son procedimientos heredados directamente de los estándares RDSI.

2.2.3. Protocolos en la Interfaz A_{bis}

Capa 1: (GSM Rec. 08.54): 2.048 Mbps (ITU-T:E1) o 1.544 Mbps (ANSI:T1) La facilidad del PCM que tiene velocidades de 64/32/16 Kbps para canales de señalización y velocidades de 16 Kbps para canales de tráfico (4 por time slot).

Capa 2: (GSM Rec. 08.56): Aquí, el protocolo LAPD se usa como un mecanismo de transporte para mensajes de datos entre el BTS y el BSC. Dentro de GSM, el SAPI (Service Access Point Identifier), se refiere al identificador de enlace transmitido en el protocolo LAPD.

Capa 3: (GSM Rec. 08.58/04.08): El manejo de BTS (BTSM) se realiza principalmente en esta capa. El BTSM distingue tres conexiones principales de señalización lógicas con el Identificador de Punto de Acceso (Service Access Point Identifier SAPI). Cuando el SAPI es 0, se usa para todos los mensajes entrantes o salientes a la interfaz radio. SAPI 62 proporciona transporte de mensajería para operación y mantenimiento entre las BTSs y el BSC. SAPI 63 se usa para manejo dinámico de los identificadores de terminal (Terminal Endpoint Identifier, TEIs), también como para funciones de administración en capa 2. Lo adicional con otros campos para los TEIs, es la dirección de la capa de enlace en LAPD. Los TEIs que proporcionan direccionamiento a los TRXs para las BTSs son como sigue:

1. Enlace de señalización radio (Radio Signalling Link RSL): Manejo de tráfico; usado para señalización entre el BSC y la BTS (mensajes no transparentes, Ej. Recursos Radio) y transmisión de información de señalización en la interfaz aire en forma de mensajes transparentes

2. Enlaces de Operación y Mantenimiento (Operation and Maintenance Link OML): Administración de Red, usado para monitorear el estado de operación de los TRXs o BTSs. Los mensajes de OML tienen prioridad sobre los mensajes de capa 2.
3. Capa 2 Administración del enlace (Layer 2 Management Link L2ML): Manejo de la capa 2, control de los TEIs administrados y así como de los procedimientos de direccionamiento (Ubicación de las direcciones internas de los transceptores en las BTSs).

2.2.4. El Transcoder

Los Transcoder se usan para reducir la velocidad de bits de canales de tráfico en el Subsistema de Estaciones Base. La reducción es desde los 64 Kbps en la interfaz A hasta 16 Kbps en la interfaz A-ter. Sin un Transcoder, el ancho de banda reservado para los canales de tráfico en la interfaz aire proporcionaría solamente una parte de su capacidad, la cual esta disponible cuando el Transcoder es usado.

Cuando el Transcoder esta ubicado lo mas cerca posible del MSC conectados con líneas PCM estándar, es posible multiplexar cuatro canales de tráfico en un canal PCM, esto incrementa la eficiencia de las líneas PCM. Cuando se produce la conexión hacia el MSC se tiene que realizar la submultiplexación de los canales de tráfico. En este caso la unidad es llamada Transcoder y Submultiplexer; la interfaz que se origina al interior del Transcoder se conoce como interfaz A-ter'. Figura 2.3.

2.2.4.1. Transmisión entre el MSC y el BSC

En el sentido descendente, el Transcoder es responsable por la codificación de voz, la cual es luego decodificada en la estación móvil. La voz transcodificada que proviene de la estación móvil es de-transcodificada en el Transcoder en el sentido

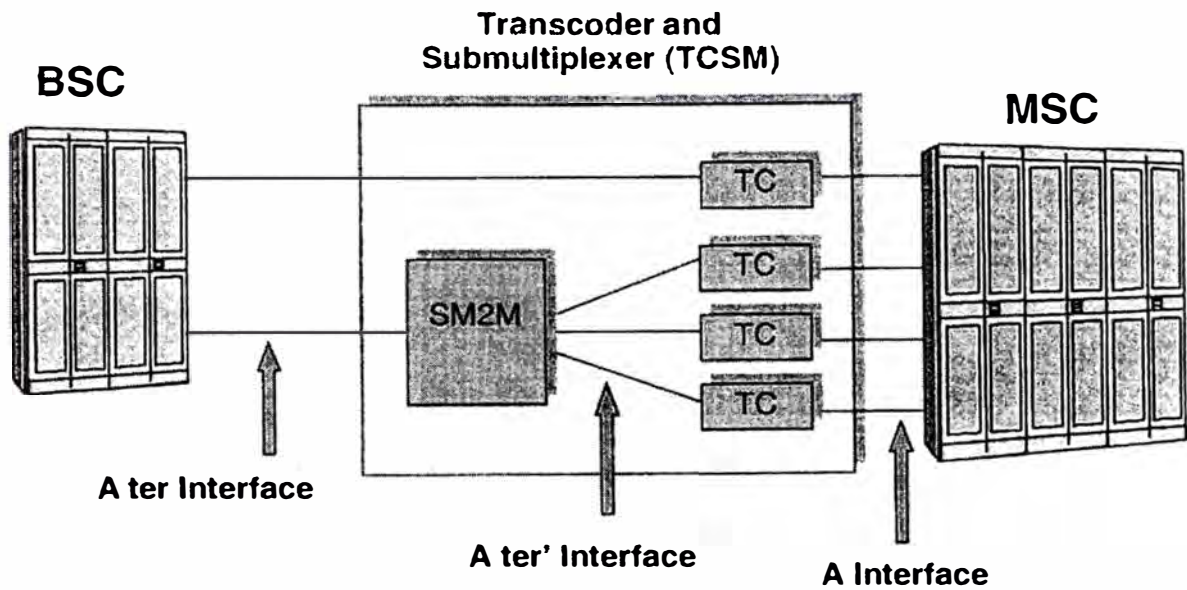


Figura 2.3 Estructura interna del transcodificador y submultiplexador

ascendente. Un Transcoder puede realizar la transcodificación de hasta 120 canales de tráfico full rate. Los time slots del Transcoder pueden ser cross conectados para ser utilizados en señalización por canal común CCS7 entre el MSC y el BSC o en conexiones digitales X.25 entre el OMC y el BSC. La función de submultiplexación en el Transcoder se usa para reducir el número de enlaces de 2 Mbps entre el MSC y el BSC. Se pueden submultiplexar hasta 4 interfaces E1 en un solo enlace de 2Mbps. Ver figura 2.4.

2.2.4.2. Unidad Adaptadora de Velocidad del Transcoder TRAU

La unidad adaptadora de velocidad del Transcoder (Transcoder Rate Adapter Unit - TRAU), tiene una trama que es la unidad de transporte para canales de tráfico de 16 Kbps en la interfaz A_{bis} . Este usa 13.6 Kbps para datos de usuario y deja 2.4 Kbps para señalización en banda, temporización y sincronización. Es aquí donde se determina la posición donde ocurre la señalización y los bits de datos.

Los nombres de los bits mostrados en la tabla 2.2 se interpretan de la siguiente forma:

Transcoder TCSM2E

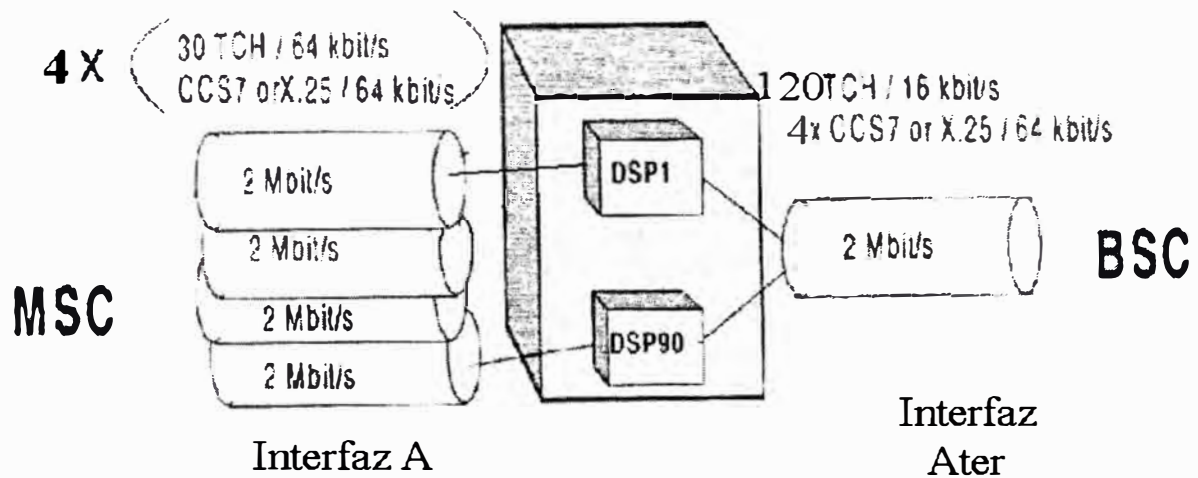


Figura 2.4 Submultiplexación de cuatro canales E1 en un solo canal de 2 Mbps

0 y 1's: bits de sincronización

C... : bits de control / señalización.

T... : bits de alineamiento.

D... : bits de datos de usuario.

Las especificaciones de la trama TRAU son como sigue:

Total de bits por trama : 320

Bits de sincronización : 25

Bits de control : C1 a 15

C16 a 21 (Trama dependiente y para futuras aplicaciones)

Hay cuatro variantes para los bits C, D y T, dependiendo del tipo de trama:

1. Trama de Voz

bits de datos : D1 a 260

bits de control : C16 a 21

bits de alineamiento : T1 a 4

2. Trama O&M

Bits de datos : D1 a 264

Bits libres : S1 a 6

3. Trama de datos

Bits de datos : D1 a 264

Primer bit de octeto par (5 a 39) es “1”

4. Trama de voz libre

Como en la trama de voz, pero todos los bits de datos son “1”.

La estructura de la trama TRAU se muestra en la tabla 2.2.

2.3. El Subsistema de Conmutación de Red – NSS

El subsistema de conmutación y gestión de red tiene a su cargo todas las funciones requeridas para manejar los protocolos de señalización necesarios para el establecimiento, mantenimiento y liberación de las llamadas, con la componente específica de la movilidad.

2.3.1. Funciones Básicas del NSS

- Localización y registro con autenticación de los abonados.
- Encaminamiento de las llamadas.
- Gestión de los recursos radio durante las llamadas.
- Tratamiento de los aspectos de las llamadas relacionadas con la movilidad de los usuarios.
- Intercambio de señalización entre entidades funcionales de la red GSM y con redes externas.

2.3.2. Unidades Funcionales

El subsistema de conmutación esta constituido por las siguientes unidades funcionales:

Octet no.	Bit number							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
4	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
5	1	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
6	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
7	1	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22
8	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30
9	1	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37
10	D38	D39	D40	D41	D42	D43	D44	D45
11	1	D46	D47	D48	D49	D50	D51	D52
12	D53	D54	D55	D56	D57	D58	D59	D60
13	1	D61	D62	D63	D64	D65	D66	D67
14	D68	D69	D70	D71	D72	D73	D74	D75
15	1	D76	D77	D78	D79	D80	D81	D82
16	D83	D84	D85	D86	D87	D88	D89	D90
17	1	D91	D92	D93	D94	D95	D96	D97
18	D98	D99	D100	D101	D102	D103	D104	D105
19	1	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112
20	D113	D114	D115	D116	D117	D118	D119	D120
21	1	D121	D122	D123	D124	D125	D126	D127
22	D128	D129	D130	D131	D132	D133	D134	D135
23	1	D136	D137	D138	D139	D140	D141	D142
24	D143	D144	D145	D146	D147	D148	D149	D150
25	1	D151	D152	D153	D154	D155	D156	D157
26	D158	D159	D160	D161	D162	D163	D164	D165
27	1	D166	D167	D168	D169	D170	D171	D172
28	D173	D174	D175	D176	D177	D178	D179	D180
29	1	D181	D182	D183	D184	D185	D186	D187
30	D188	D188	D189	D190	D191	D192	D193	D194
31	1	D195	D196	D197	D198	D199	D200	D201
32	D203	D204	D205	D206	D207	D208	D209	D210
33	1	D211	D212	D213	D214	D215	D216	D217
34	D218	D219	D220	D221	D222	D223	D224	D225
35	1	D226	D227	D228	D229	D230	D231	D232
36	D233	D234	D235	D236	D237	D238	D239	D240
37	1	D241	D242	D243	D244	D245	D246	D247
38	D248	D249	D250	D251	D252	D253	D254	D255
39	1	D256	D257	D258	D259	D260	C16	C17
40	C18	C19	C20	C21	T1	T2	T3	T4

Tabla 2.2 Distribución de bits en la trama TRAU

- A. Centro de Conmutación de Móviles, MSC.
- B. Registro General de Abonados, HLR.
- C. Registro de Visitantes, VLR.

También forman parte de la red de conmutación, el Centro de Autenticación AuC y el Registro de Identidad del Equipo EIR.

2.3.2.1. El Centro de Conmutación Móvil (Mobile Switching Center, MSC)

Tiene como funciones principales: el registro, autenticación, actualización de la ubicación, trasposos (handovers) y ruteo de llamadas para un roaming de un abonado móvil. La señalización que utiliza con las otras unidades funcionales de la red es por canal común SS7. También tiene una función de gateway para poder comunicarse con otras redes.

2.3.2.2. Registro de Ubicación Local (Home Location Register, HLR)

Es una base de datos para administrar los datos del abonado móvil. Aquí se almacenan la identidad internacional del abonado móvil (IMSI), el número ISDN del móvil (MSISDN) y la dirección del registro de ubicación del abonado visitante (VLR). La principal información almacenada en el HLR se refiere a la ubicación de cada móvil de manera de poder enrutar llamadas para los abonados. Un solo HLR puede servir a varios MSCs.

2.3.2.3. El Registro de Ubicación de Visitantes (Visitor Location Register, VLR)

Contiene información de la ubicación actual del móvil. Esta es una información seleccionada desde el HLR y es necesaria para el control y provisión de los servicios de un abonado móvil en una determinada área geográfica controlada por el VLR. El VLR esta integrado al hardware del MSC.

2.3.2.4. El Centro de Autenticación (Authentication Center, AuC)

El centro de autenticación, es una base de datos protegida que almacena una copia de la clave secreta de cada SIM del abonado móvil, la cual se usa para la autenticación y encriptación sobre canales de radio. El AuC, provee seguridad adicional contra fraudes (Clonación). Se ubica generalmente cerca al HLR.

2.3.2.5. Registro de Identidad del Equipo (Equipment Identity Register, EIR)

Es una base de datos que contiene una lista de todos los equipos móviles validos dentro de la red, cada equipo es identificado por su número internacional (IMEI). El EIR tiene tres listas:

- Lista Blanca, para todos los IMEIs conocidos
- Lista Negra, para equipos robados.
- Lista Gris, para equipos malogrados.

La intercomunicación de este subsistema con las otras redes externas se realiza a través de la denominada función de interfuncionamiento, (Inter Working Functions IWF).

2.3.3. La Interfaz A

La interfaz A une la parte BSC con el MSC. Si el BSC contiene los equipos de transcodificación (TC), un canal de tráfico ocupará un time slot completo con 64 Kbps en la trama PCM de 2Mbps. Aparte de los 32 time slots disponibles en el enlace PCM, un máximo de 30 canales de tráfico pueden ser manejados simultáneamente, ya que por los menos 2 time slots se necesitan para propósitos de control y señalización (TS0 para FAS/NFAS y otro TS para señalización, usualmente el 16) en la trama PCM. Normalmente los canales de señalización en la trama PCM también son a 64 Kbps lo cual permite una comunicación rápida entre el BSC y el MSC.

Si el MSC está equipado con el Transcoder TC, los canales de tráfico se convierten de 64 Kbps a 16 Kbps en el Transcoder. Si el BSC no tiene un TC, los canales de tráfico son a 16 Kbps en la interfaz A. Entre el BSC y el MSC, los canales de tráfico son almacenados de 64 a 16 Kbps en el Transcoder.

2.3.4. Protocolos en la Interfaz A:

Los protocolos de señalización (capa 2 y 3) entre el BSC y el MSC se basan en la señalización SS7, pero se transmite con los datos de usuario dentro de la trama PCM. Normalmente se usa el time slot 16 a 64 Kbps para la señalización.

Se emplean los siguientes protocolos:

Capa 1 (GSM Rec. 08.04): A 2.048 Mbit/s (ITU-T: E1) or 1.544 Mbit/s

(ANSI: T1) Enlace PCM.

Capa 2 (GSM Rec. 08.06): Aquí se emplean los protocolos básicos del sistema SS7; los protocolos de transferencia de mensajes (Mobile Transfer Protocol, MTP) (responsables de la seguridad en la transmisión entre el BSC y el MSC) así como los protocolos de control de conexión de señalización (Signalling Connection Control Protocol SCCP) que permiten direccionamiento global de los elementos de red para así ofrecer los servicios correspondientes a la capa de intercambio. MTP y SCCP también llevan a cabo funciones de capa 3. SCCP se usa para transportar mensajes DTAP(Direct Transfer Application Part) y mensajes de aplicaciones de manejo de estaciones base (BSSMAP) sobre la interfaz A, asegurando el flujo de mensajes de conexión y desconexión. Las conexiones pueden ser referidas a una estación móvil específica o a un canal de radio. Una conexión SCCP puede ser iniciada por una estación móvil (MS) o por el MSC.

Capa 3 (GSM Rec. 08.08): Contiene los protocolos de aplicación del sistema de

estaciones base (BSSAP). Esta capa tiene múltiples partes en el MSC:

- Los protocolos de aplicación de manejo de estaciones base (BSSMAP), es el homólogo al protocolo RR en la interfaz aire.
- Protocolos de aplicación de transferencia directa DTAP, transmite mensajes de control de llamadas (Call Control, CC) y de manejo de móviles (Mobility Management, MM) y es transmitido transparentemente a través del BTS y BSC.

2.3.5. Interfaces Libres en el MSC:

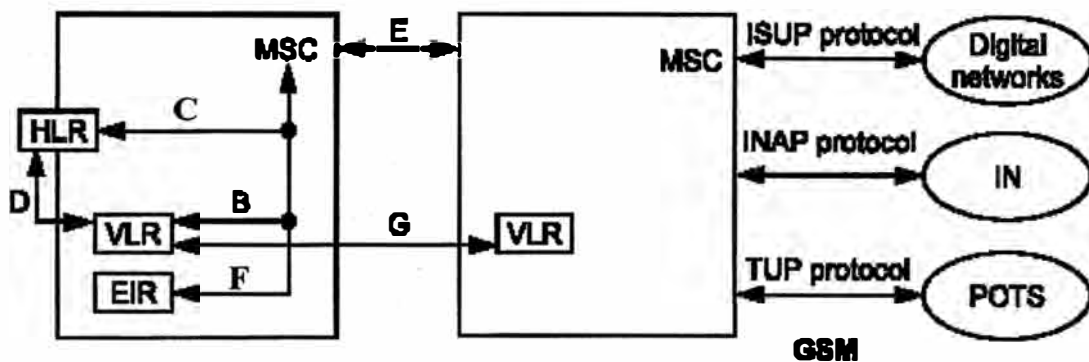


Figura 2.5 Interfaces y protocolos en el subsistema de conmutación de red

Todas las interfaces alrededor del MSC usan el protocolo SS7. Las interfaces B,C,D,E,F y G son referidas a las interfaces MAP. Estos permiten conectar cualquier MSC a otros registros. La interfaz E soporta protocolos MAP y protocolos de establecimiento de llamadas (ISUP/TUP). Esta interfaz conecta un MSC a otro MSC dentro de una misma red o con otro MSC de otra Red. Las interfaces se designan como:

- Interfaz B: entre el MSC y el VLR (Usa protocolos MAP/TCAP)
- Interfaz C: entre el MSC y el HLR (Usa protocolos MAP/TCAP)
- Interfaz D: entre el HLR y el VLR (Usa protocolos MAP/TCAP)

- Interfaz E: entre dos MSCs(Usa protocolos MAP/TCAP + ISUP/TUP)
- Interfaz F: entre MSCs y EIR (Usa protocolos MAP/TCAP)
- Interfaz G: entre VLRs (Usa protocolos MAP/TCAP)

Interfaces de red fija:

- Protocolo TUP : Entre el MSC y una red Análoga/digital.
- Protocolo ISUP : Entre el MSC y una red Análoga/digital; provee mayores características que TUP.
- Protocolo INAP: Entre el MSC y la Red Inteligente INAP

Los protocolos SCCP proporcionan transporte de mensajes sin conexión para y desde las bases de datos de las redes GSM con mensajes TCAP y MAP.

Aquí se distinguen dos tipos de conexión:

- 1) Circuitos relacionados al control de llamadas: Relativo al ISUP y TUP.
- 2) Circuitos no relacionados con el control de llamadas.

Los protocolos de aplicación móvil (MAP) se usan en ésta parte, permitiendo implementación de funciones tales como localización, actualización, roaming, entrega de SMS, handover, autenticación e información de encaminamiento de llamadas entrantes. Los protocolos MAP usan la parte de aplicación de transacciones de los protocolos TCAP, para transferir información en tiempo real entre los MSC, HLRs y VLRs

2.3.6. Protocolos MSC

Parte de Aplicación Móvil (Mobile Application Part, MAP): (GSM Rec. 09.02)
Usa el control de preguntas de diferentes bases de datos en la red móvil. (HLR, VLR y EIR). Las responsabilidades del MAP incluyen manejo de accesos y localizaciones de abonado, handover entre MSCs, funciones de seguridad, O&M, mensajes cortos

SMS y servicios suplementarios.

2.3.6.1. TCAP (Transaction Capabilities Application Part)

Proporciona funciones para el manejo de requerimientos para distribuir procesos de aplicación.

2.3.6.2. ISUP (ISDN User Part)

Se encarga de los controles de interconexión entre PLMNs y otras redes, además proporciona las mismas funciones básicas que el TUP.

2.3.6.3. INAP (Intelligent Network Application Part)

Implementa servicios suplementarios inteligentes.

2.3.6.4. TUP (Telephone User Part)

Implementa interconexión entre PLMNs y otras redes. TUP es normalmente usado para implementar conexiones internacionales y esta siendo reemplazado por ISUP.

2.4. El Subsistema de Operación y Soporte, OSS o Centro de Operación y Mantenimiento OMC.

Este subsistema es una colección de herramientas para la operación y mantenimiento de la red GSM. El propósito del NMS es supervisar varias funciones y elementos de la red GSM. Estas tareas son realizadas por el conjunto de estaciones de trabajo (workstations), servidores y ruteadores, los cuales se conectan a una red de comunicaciones de datos (Data Communications Network DCN). Figura 2.6.

La operación y mantenimiento OMC, le permite a los operadores de redes celulares GSM/DCS 1800/PCS 1900 poner las redes en estado operativo y luego mantener la red. Todas las redes requieren de un control centralizado de operación y mantenimiento para desde allí poder operar todos los elementos de red.

Los operadores, están conectados a la base de datos y a los servidores de comunicación a través de una red LAN. Los servidores almacenan la información acerca de la red. Los servidores de comunicación tienen cuidado de la comunicación de datos entre el NMS y los elementos de red. Esta comunicación se lleva a cabo sobre la red de comunicación de datos, la cual se conecta al NMS vía un router. La red de datos DCN se implementa normalmente utilizando una red de conmutación de paquetes X.25.

2.4.1. Funciones del OMC

Se pueden dividir en tres categorías:

- Administración de Fallas.
- Manejo de la configuración.
- Manejo de la calidad de la red.

Estas funciones cubren todos los elementos de red de GSM desde BTS hasta MSCs y HLRs.

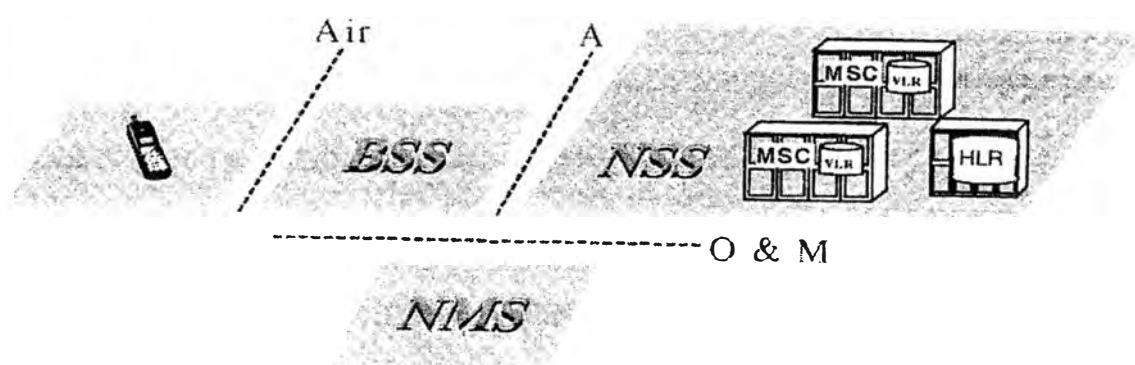


Figura 2.6 Estructura de un sistema de operación y mantenimiento

El NMS es un administrador del sistema que supervisa los bloques funcionales de GSM. El NMS permite al operador de la red mantener satisfactoriamente todos los componentes de la red GSM. El hardware de redundancia así como los mecanismos de detección de errores ayudan a prevenir posibles caídas de la red. El

OMC es responsable por mantener en servicio al MSC, BSC y BTS's. Puede estar encargado de toda la Red Móvil Pública Terrestre (PLMN) o solamente de una parte de ella.

2.5. Transmisión Terrestre y Vía Radio.

2.5.1. Bandas de Frecuencias utilizadas en GSM

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), la cual administra la ubicación internacional del espectro de radio (entre muchas otras funciones), ha definido las siguientes bandas:

- **GSM 900:**

Ascendente (Uplink) : 890 – 915 Mhz (De la estación móvil hacia la estación base)

Descendente (Downlink) : 935 – 960 Mhz (De la estación base hacia la estación móvil)

- **GSM 1800: (Previamente: DCS – 1800)**

Ascendente (Uplink): 1710 – 1785 Mhz (De la estación móvil hacia la estación base)

Descendente (Downlink): 1805 – 1880 Mhz (De la estación base hacia la estación móvil)

- **GSM 1900: (Previamente: PCS – 1900)**

Ascendente (Uplink): 1850 – 1910 Mhz (De la estación móvil hacia la estación base)

Descendente (Downlink): 1930 – 1990 Mhz (De la estación base hacia la estación móvil)

2.5.2. Multiacceso TDMA

Como el espectro de radio es un recurso limitado y compartido por varios usuarios, se eligió un método para dividir el ancho de banda entre tantos usuarios como fuera posible. El método elegido por GSM es una combinación de acceso

múltiple por división de tiempo y frecuencia (TDMA/FDMA). La parte FDMA envuelve la división por frecuencia de los 25 Mhz ubicando 124 frecuencias portadoras dentro del espectro radio espaciadas 200 Khz. cada una. Una o mas frecuencias portadoras se asigna a cada estación base. Cada una de estas frecuencias portadoras son luego divididas en el tiempo, usando un esquema TDMA. La unidad fundamental de tiempo en este esquema TDMA es llamado un período de ráfaga, el cual dura aproximadamente: 0.577 ms, Ocho períodos de ráfaga son agrupados en una trama TDMA (aprox. 4.615 ms), el cual forma una unidad básica para la definición de canales lógicos. Un canal fisico es un período ráfaga por trama TDMA. Ver figuras 2.7 y 2.8.

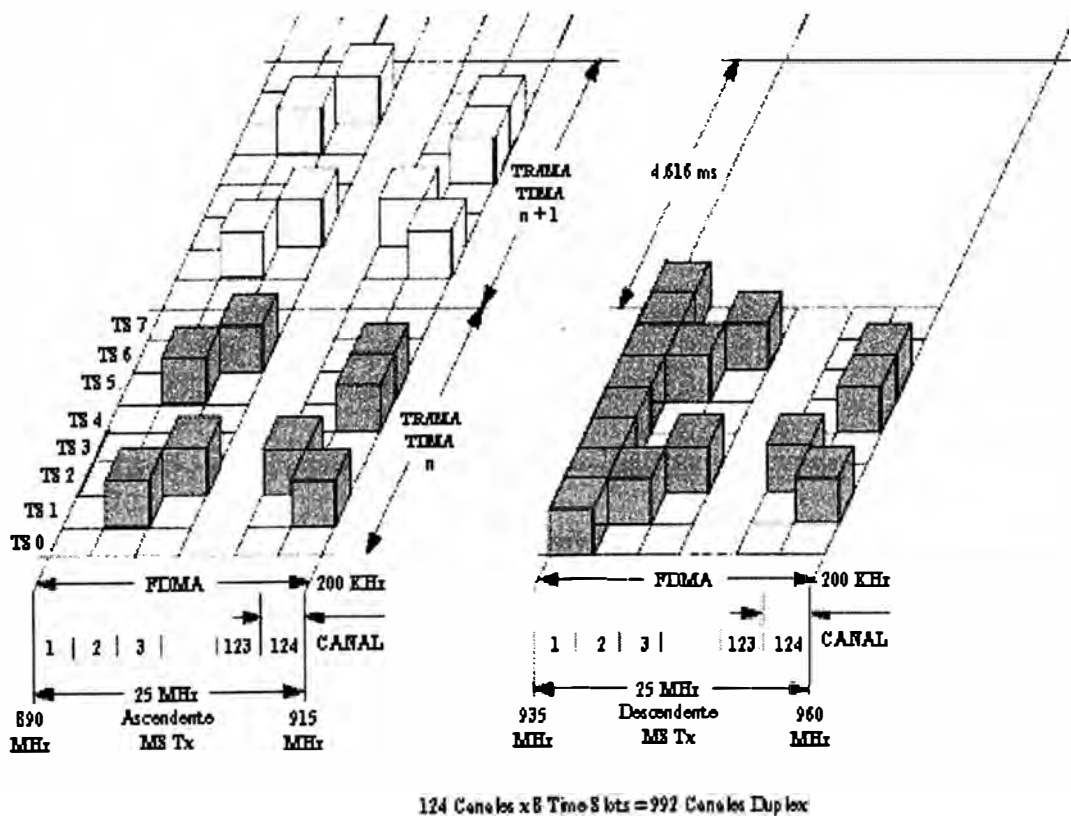


Figura 2.7 Estructura espacial de una trama TDMA

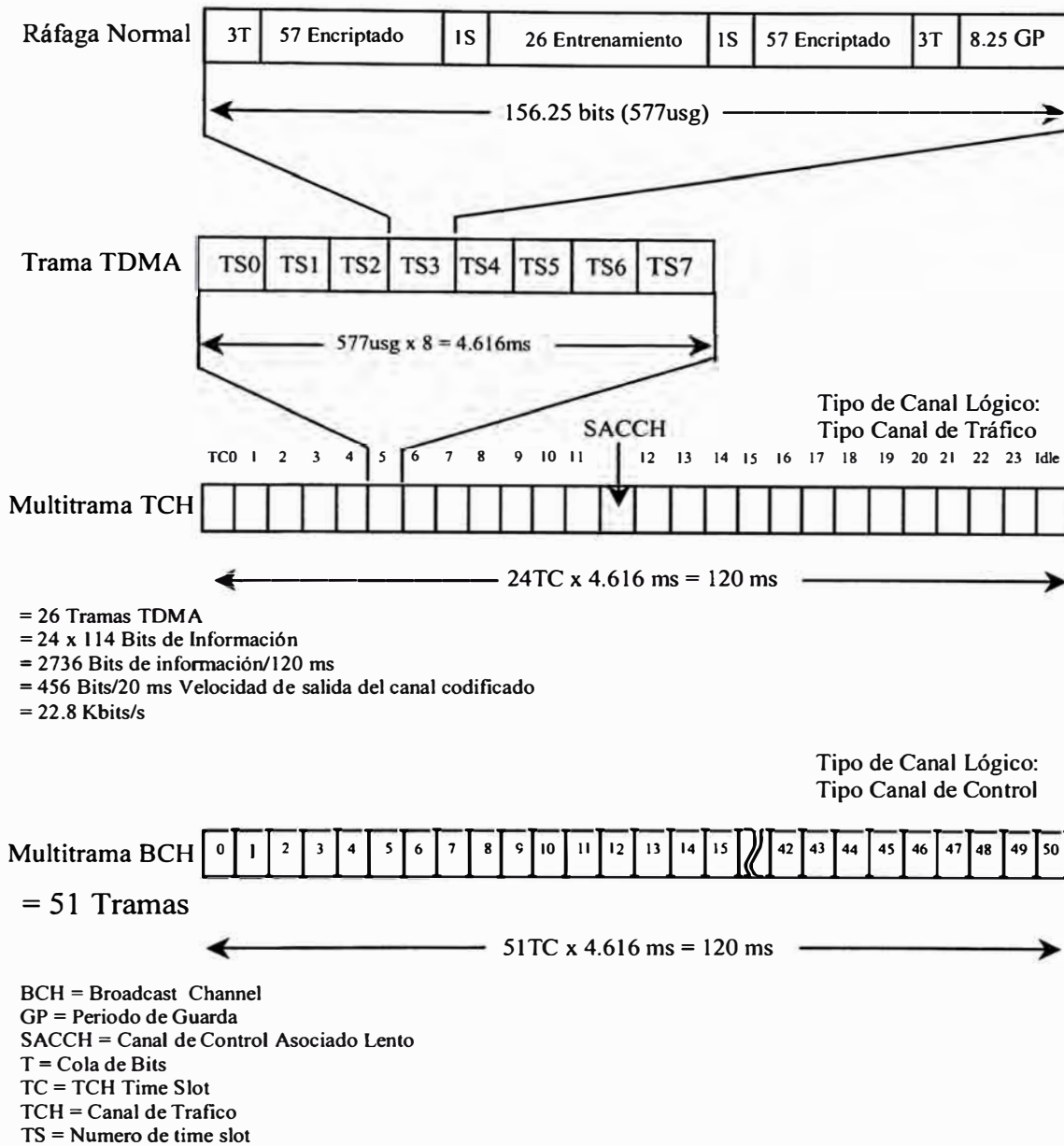


Figura 2.8 Distribución de canales lógicos dentro de la trama TDMA

2.5.3. Sistema de Modulación en GSM

Los sistemas de modulación empleados en comunicaciones móviles dependen de la técnica de acceso empleada. Para los sistemas GSM con multiacceso TDMA, los métodos de modulación deben cumplir las siguientes características:

- a) Elevada eficiencia espectral (cociente entre velocidad de bits y anchura de banda ocupada).

- b) Escasa radiación en canales adyacentes. La especificación a este respecto es muy estricta, exigiéndose una atenuación para la radiación en el canal adyacente de 60 a 80 dB. Esta restricción obliga a usar técnicas para atenuar esta radiación, como el procesar el espectro de la señal RF en frecuencia intermedia en lugar de en banda base, o bien realizar un filtrado adicional de la señal en banda base antes de la modulación.
- c) Continuidad de fase, para minimizar la radiación fuera de banda.
- d) Envolvente constante de la señal modulada, para evitar que se produzca distorsión de la intermodulación de las etapas amplificadoras, que deben ser de clase C (no lineal) por su buen rendimiento de potencia.
- e) Buena característica de error en cuanto a la relación portadora/ ruido (C/N) y portadora / interferencia (C/I), lo cual influye sobre la reutilización de las frecuencias.
- f) Sencillez en las realizaciones físicas de los módulos moduladores-demoduladores, que permita minimizar el tamaño de los mismos, para conseguir un adecuado tamaño y peso de los equipos.

2.5.3.1. Modulación GMSK

Para el sistema GSM, se optó por una modulación angular basada en la FSK. Específicamente, se eligió una variante de la modulación MSK, que es un caso particular de la FSK en el cual el índice de modulación es 0.5. Se procedió así por la facilidad de generación de la señal modulada, puesto que en la MSK tiene envolvente constante y puede obtenerse mediante la modulación de fase, con lo que se simplifica el diseño del hardware del demodulador. Sin embargo la señal MSK produce una

señal modulada con bastante energía en los canales adyacentes, por lo que no se cumpliría con la condición b) anteriormente descrita, que es muy importante para las comunicaciones móviles. Por este motivo, se suavizan las excursiones de fase, sometiendo la señal digital moduladora a un filtrado previo, con un filtro gaussiano.

El sistema de modulación resultante es el llamado GMSK que significa Gaussian Minimum Shift Keying y es el utilizado por GSM. El prefiltrado aminora, en efecto, la radiación en los canales adyacentes, pero a costa de cierta interferencia entre símbolos y una disminución del nivel de la señal, lo cual debe compensarse en la recepción.

2.5.3.2. Procesado de la señal

Los bits a transmitir, representados por $\{d_i\}$ se aplican a un codificador diferencial, que combina los bits d_i y d_{i-1} para su suma modulo 2:

$$\hat{d}_i = d_i \oplus d_{i-1}$$

El símbolo modulador i -ésimo se define así: $\alpha_i = 1 - 2\hat{d}_i$, de forma que la señal moduladora es : $x(t) = \sum_i \alpha_i \cdot \text{rect}_T(t - nT)$ donde $\text{rect}_T(T)$ es la función rectangular de duración T :

$$\text{rect}_T(t) = \begin{cases} \frac{1}{T} & 0 < t < T \\ 0 & \text{otros valores de } T \end{cases}$$

A continuación se aplica la señal $x(t)$ a un filtro gaussiano que suaviza las transiciones de fase de la modulación, lo que reduce la anchura de banda de la señal modulada. La función de transferencia del filtro viene dada por la expresión :

$$H(f) = \exp \left[\frac{\ln 2}{2} \left(\frac{f}{B_b} \right)^2 \right]$$

siendo la respuesta impulsiva:

$$h(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma T}} \exp \left[-\frac{t^2}{2\sigma^2 T^2} \right]$$

con $\sigma = \sqrt{\ln 2} / 2\pi B_b T$

Siendo B_b la anchura de banda del filtro (3 dB) y T el periodo de bit. Debe elegirse B_b como compromiso entre reducción de radiación en canal adyacente e intensidad de señal. En GSM se ha normalizado $B_b T$ al valor 0.3.

En consecuencia el impulso modulador viene dado por la convolución:

$$G(t) = \text{rect}_T(t) * h(t)$$

Antes de que el primer bit entre en el modulador, este tienen un estado interno que simula el efecto producido por la modulación de una señal formada por una serie de bits “unos” que han pasado al codificador diferencial ($d_i = 1$).

Lo mismo ocurre en el último bit de un intervalo. Estos bits se llaman bits de relleno y definen el comienzo y el final de lo que se considerara parte activa de la ráfaga de bits en cuestión, diferenciándola de las sucesivas ráfagas posteriores.

Toda parte de señal que este fuera de esta parte activa, no será considerada a la salida del modulador, y se considerara amplitud cero para ella. A continuación ya interviene la señal RF que se va a modular por la señal $g(t)$ anterior, con el resultado de que la fase de la onda modulada tendrá la siguiente expresión:

$$\varphi(t) = \sum \alpha \pi m \int_{-\infty}^{(i-1)T} g(u) du$$

Donde m es el índice de modulación. Se ha elegido $m = 0,5$, lo que implica que la máxima desviación de fase de cada intervalo de datos es igual a $\pm \pi/2$. Ver figura 2.9.

La expresión matemática de la señal modulada es:

$$y(t) = \sqrt{2E_c/T} \cdot \cos[2\pi f_o t + \varphi(t) + \varphi_0]$$

donde E_c es la energía por bit modulador, f_o la frecuencia portadora y φ_0 una fase aleatoria que permanece constante durante una ráfaga.

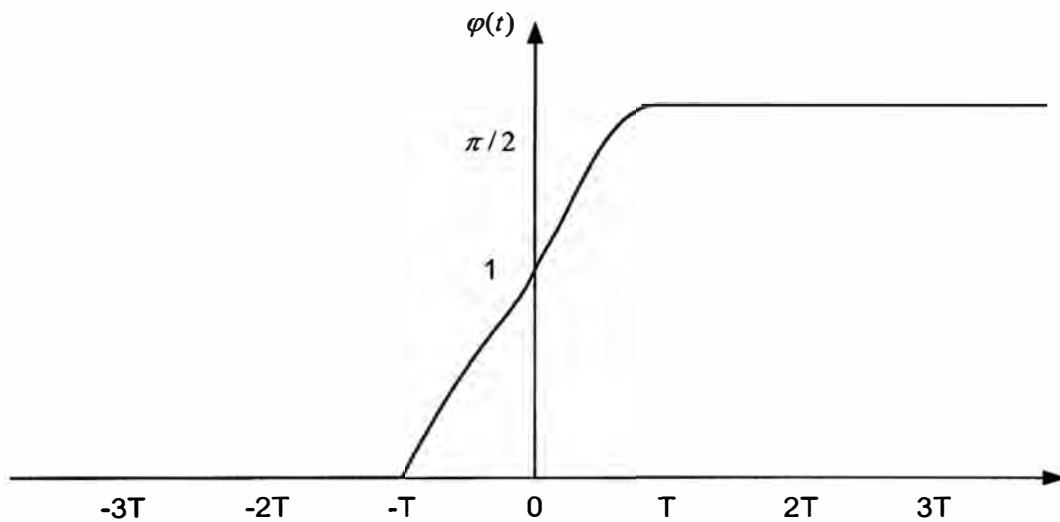


Figura 2.9 Variación de la fase de una onda modulada

Como un intervalo de tiempo T_S dura 0.577 ms y tiene hay $156,25$ periodos de bit BP, la duración del periodo de bit $T = 577/156.25 = 3,962 \mu s.$, por lo que la velocidad será de $1/T = 270.833$ kbit/s. Para una anchura de banda de transmisión igual a 200 kHz, resulta un rendimiento espectral de 1.35 bit/Hz.

Se deben considerar dos etapas sucesivas en el modulador. La primera etapa, que a menudo se refiere al modulador mismo, origina la señal definida anteriormente, pero con un pequeño valor ya fijado de ω_o (entorno a 72 MHz). La segunda etapa, llamada transposición de la frecuencia, transforma esta señal

intermedia pasándola a la frecuencia y potencia adecuadas para poder transmitirla a la antena.

El hecho de poder realizar un cambio en la frecuencia no afecta a la fase de la señal, siempre y cuando la frecuencia se multiplique por una función sinusoidal a la frecuencia adecuada y posteriormente se filtre para eliminar las partes no deseadas.

En la figura 2.10. se muestran los espectros de señales moduladas para dos radio canales adyacentes. Puede observarse que existe solapamiento entre ellos, por lo que es necesario un buen control del plan de frecuencias, para evitar la interferencias de canales adyacentes.

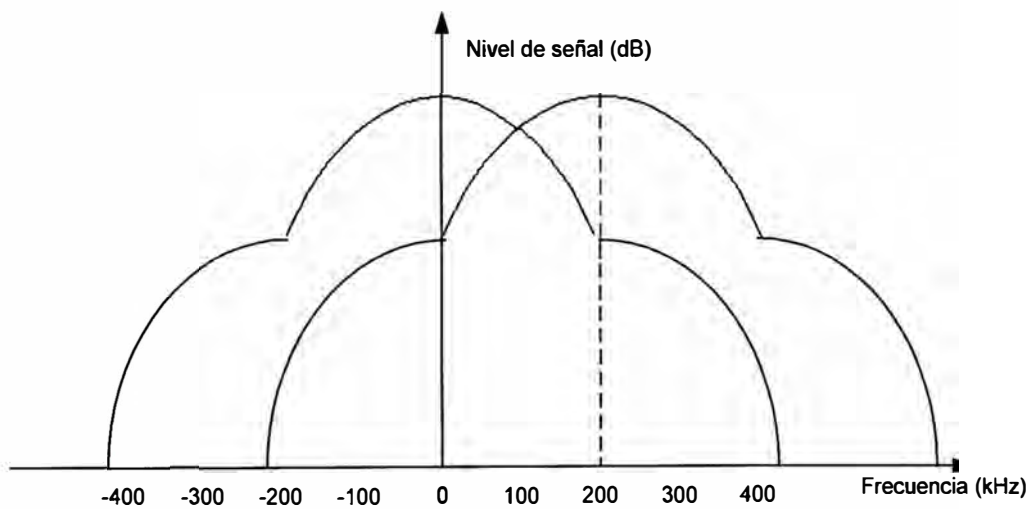


Figura 2.10 Espectro de dos señales moduladas en GMSK

CAPÍTULO III SEÑALIZACIÓN EN LA RED GSM

3.1. Introducción

En una PLMN como se presenta en GSM, la complejidad de la señalización se acrecienta notablemente al tener que sustentar las funciones asociadas a la movilidad de un abonado.

Para llevar a cabo una conversación es importante que se cumplan tres aspectos fundamentales durante una señalización:

- Establecer una llamada.
- Supervisar la llamada.
- Finalizar la llamada.

Para lograr esto, se establecen una serie de mensajes estándares que manejan la señalización.

3.2. Señalización en GSM

La red GSM, aun cuando es una red telefónica PLMN, frente a otras redes mas genéricas y extensas como la PSTN y la RDSI, actúa como red de acceso y así funciona en caso de llamadas iniciadas / terminadas en esas redes. La señalización GSM para el acceso a otras redes y tránsito por ellas, debe acomodarse a los sistemas imperantes en las mismas.

En cuanto a la relación con el usuario, la señalización no ha estado sujeta a esos condicionantes de acceso y se ha establecido utilizando muchos procedimientos derivados de la RDSI. No obstante, surgen problemas derivados de la inexistencia en

un enlace fijo usuario – red, del carácter móvil de los abonados y de la variabilidad del canal radio móvil.

3.3. Sistemas y Protocolos de Señalización

En GSM se han establecido dos sistemas de señalización:

- 1) El propio de toda red telefónica para el NSS, se ha elegido el sistema de señalización N° 7 del UIT-T con diferentes “partes” o protocolos de alto nivel según las interfaces entre las distintas unidades funcionales.
- 2) Un sistema específico para el BSS y la interfaz aire U_m entre BTS y MS, que sustenta las funciones propias de la movilidad.

En el primer caso, se emplea la parte aplicación móvil, MAP (Mobile Application Part) entre las unidades propias del NSS de GSM, las partes usuario de RDSI, ISUP (ISDN User Part) y de telefonía (Parte Usuario Telefonía TUP) para los interfuncionamientos con la RDSI y la PSTN, respectivamente.

Además de la MAP, se han definido en GSM para los niveles altos, otras partes de aplicación:

- Parte Aplicación de BSS, BSSAP (Base Station System Application Part) o Parte Aplicación Sistema de Estación Base.
- Parte Aplicación Operación y Mantenimiento del Sistema de Estación Base, BSSOMAP (Base Station System Operation and Maintenance Application Part).
- Parte Aplicación de Transferencia Directa, DTAP (Direct Transfer Application Part).

En el segundo caso, el protocolo de señalización guarda cierta relación con los niveles 1 a 3 del modelo OSI. Consta de capa Física y la capa de Red, que utiliza los

protocolos LAPD hacia la red y LAPDm hacia la interfaz radio; finalmente la capa de Enlace que se subdivide en tres partes, las cuales realizan funciones de:

- Gestión de las llamadas, CM (Call Management).
- Gestión de la movilidad, MM (Mobile Management).
- Gestión de los recursos radio, RR (Radio Resources Management).

De lo anteriormente mencionado podemos decir que los protocolos GSM se dividen básicamente en tres capas:

Capa 1: Capa Física:

- Habilita la transmisión física (TDMA, FDMA, etc)
- Evaluación de la calidad del canal.
- Salvo la interfaz Aire(GSM Rec. 04.04), se utilizan enlaces PCM 30 o RDSI (interfaz A_{bis} GSM Rec. 08.54 y las interfaces A hasta la F, Rec. 08.04)

Capa 2: Capa de Enlace de Datos:

- Múltiplexación de una o mas conexiones de canales de control/señalización en capa 2.
- Detección de errores (basados en HDLC).
- Control de flujo.
- Asegurarse de la calidad de transmisión.
- Enrutamiento.

Capa 3: Capa de Red.

- Gestión de la conexión (interfaz aire).
- Gestión de los datos de localización.
- Identificación de abonado.
- Manejo de servicios de valor añadido (SMS, Traslado de llamadas,

conferencia de llamadas, etc).

En la figura 3.1, se representa la arquitectura de red GSM junto con los protocolos de señalización utilizados.

En la red GSM se ha identificado un conjunto de relaciones de señalización entre las diferentes unidades funcionales que se atienden con aplicación del SS7 acrecentado en la parte aplicación móvil MAP. El intercambio de información de señalización entre las entidades del NSS se realiza a través de nodos o puntos de señalización, SP (Signalling Point) que son acometidas de la red SS7.

También el subsistema NMS, que debe dar ordenes a equipos de la NSS y recibir información de ellos, ha de conectarse para señalización con el NSS.

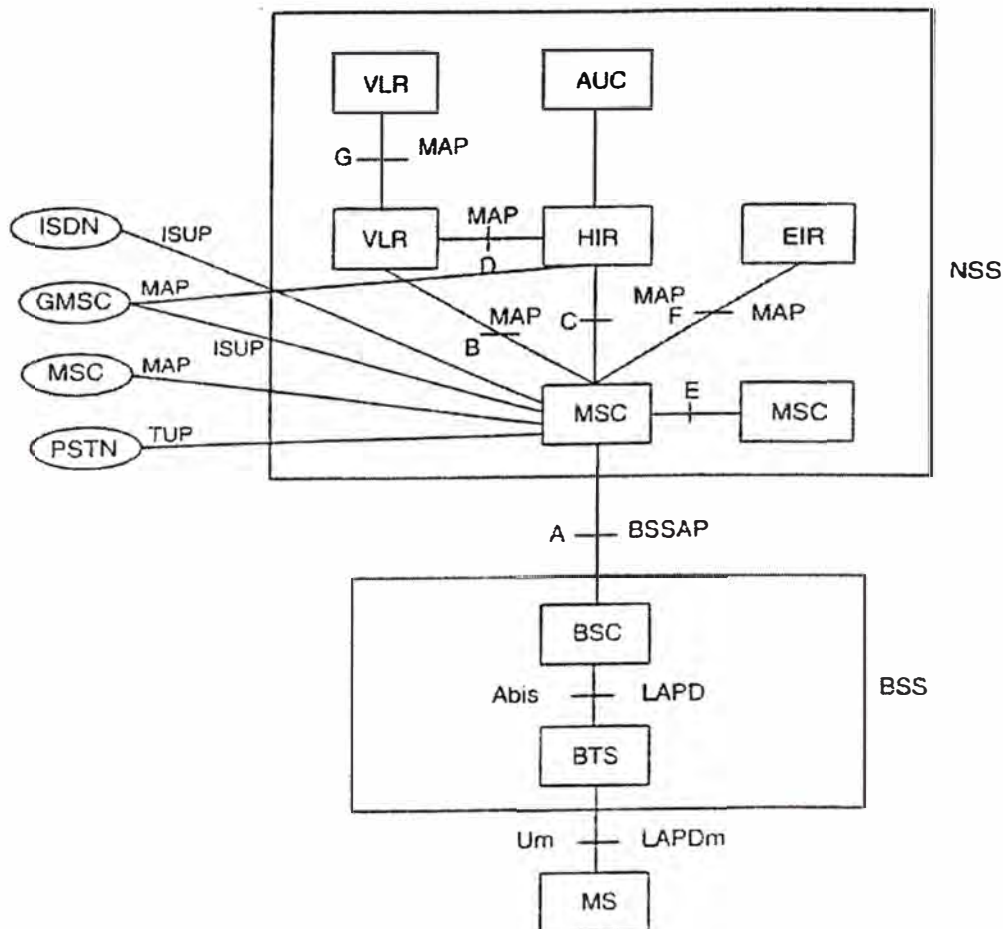


Figura 3.1 Protocolos de señalización utilizados en GSM

Como en todo sistema de señalización, los mensajes pueden ir de un nodo terminal a otro o discurrir a través de nodos retransmisores intermedios (“relayers”) en caso de circuitos largos. En nodos intermedios puede haber cambios de formato y se puede elegir el encaminamiento.

En la figura 3.2, se representa con algo mas de detalle el modelo de señalización de red para GSM.

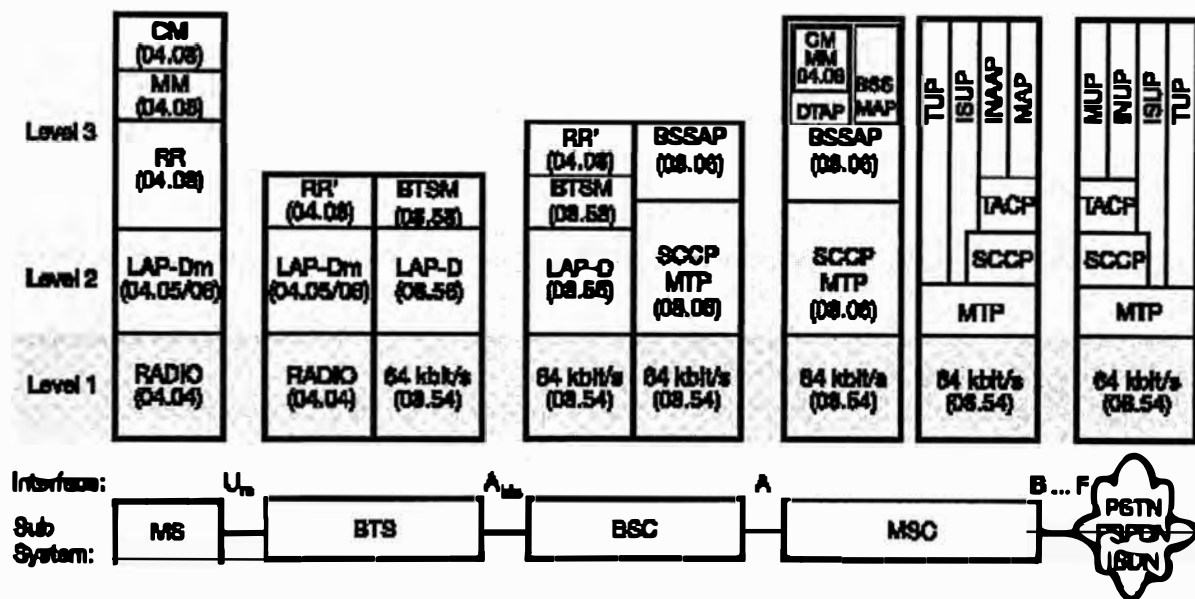


Figura 3.2 Estructura de capas OSI en la red GSM

3.4. Señalización del MSC

Describiremos el caso del Centro de Conmutación MSC. Este centro de conmutación tiene una triple frontera:

- 1) Hacia las redes PSTN y RDSI.
- 2) Hacia los registros y bases de datos de la red PLMN-GSM.
- 3) Hacia el BSS y el entorno móvil.

Para cada uno de los casos anteriores ha sido necesario diseñar subsistemas de señalización específicos.

Para el establecimiento y supervisión de las llamadas hacia/desde la PSTN y

RDSI, se emplean, respectivamente, los protocolos TUP e ISUP del SS#7 de esas redes.

Para los mensajes de señalización con las entidades HLR, VLR, otras MSC, etc, propias de la red GSM, se usa el protocolo MAP desarrollado específicamente para GSM y que esta apoyado por la TCAP, que proporciona funciones para la comunicación con el extremo remoto de una cadena de señalización y para el establecimiento de múltiples diálogos.

Para las comunicaciones hacia el BSS, a través de la interfaz A, se han diseñado subcapas de protocolos específicos como se indicó anteriormente: CM, MM y RR. Las dos primeras residen en el MSC y la tercera lo hace en el BSC, como se muestra en la figura 3.2.

Los mensajes ISUP/TUP se convierten en mensajes CM para pasarlos hacia los móviles. El diseño de la subcapa de CM se ha realizado teniendo presente el entorno móvil al que van dirigidos los mensajes y, en particular, la técnica de multiacceso utilizada. De forma análoga, los mensajes de señalización de MAP se convierten en mensajes MM.

3.5. Señalización del BSC

En el BSC se da una situación parecida a la del MSC. Hay dos fronteras, hacia el MSC y hacia la BTS. Para las comunicaciones por la primera y por la segunda se utilizan los protocolos BSSAP y LAPD, respectivamente. La BSSAP tiene a su cargo la transferencia de los mensajes CM y MM, así como el control directo del BSS, por ejemplo, cuando el MSC ordena al BSC la asignación de un canal. La BSSAP se divide en dos partes: DTAP y BSSMAP. La primera se encarga de la transferencia de mensajes de capa 3 entre la MS y el MSC, sin intervención del BSC

La segunda se ocupa del tratamiento de los recursos de radio RR en el BSS. Para los mensajes de señalización hacia el MSC, se utilizan los servicios de la MPT que, como es sabido, se encarga de la transmisión fiable y segura de los mensajes de señalización. Se completa con la SCCP para disponer de funciones adicionales para el establecimiento ampliado, puesto que las llamadas podrán tomar rutas por la PLMN-GSM, la PSTN o la RDSI.

Hacia el lado de la BTS, el BSC utiliza el protocolo de gestión de recursos RR, el de gestión de la BTS, BTSM (BTS Management) y, en la capa 2, el LAPD (Link Access Procedure on D-Channel). Este es un protocolo de RDSI que realiza, entre otras, funciones de detección/corrección de errores y delimitación/secuenciación de tramas.

En la BTS también hay división funcional de protocolos. Los que se utilizan a través de la interfaz A_{bis} , hacia el BSC concuerdan con los homólogos de esta unidad, los que se emplean para la señalización en la interfaz radio U_m con la MS, están diseñados para el entorno radio. Tales protocolos son el RR' y el LAPDm.

En capa 3, la mayoría de los mensajes RR atraviesan la BTS de forma transparente, es decir se intercambian entre la MS y el BSC/MSC sin ser analizados por la BTS. Sin embargo, hay otros mensajes que deben ser tratados por la entidad de gestión BTSM de la BTS, por lo que esos mensajes RR se convierten en otros RR'. En la capa 2, el protocolo usado es el LAPDm, variante del LAPD para su uso en la interfaz radio U_m . Dos diferencias significativas entre LAPD y LAPDm son: 1) En LAPDm se detrae la función de detección/corrección de errores que desciende a la capa física; 2) Los mensajes del protocolo LAPDm son mas cortos que en LAPD, ya que deben adaptarse a las ráfagas o paquetes de bits utilizados en el

acceso radio.

La capa física de la interfaz A esta constituida por enlaces digitales PCM a 2 Mbps (32x64 Kbps) según recomendación UIT-T G.705. La codificación de canal sigue la ley A de la Rec. UIT-T G.711.

3.6. Protocolos de Señalización en la Interfaz Radio o Aire U_m :

La interfaz radio, U_m , es uno de los componentes específicos y de mayor relieve en GSM.

3.6.1. Objetivos

Sus objetivos básicos son:

- 1) Proporcionar un acceso estándar para los diferentes tipos de estaciones móviles.
- 2) Permitir una evolución “libre” de los equipos móviles y de la red en tecnologías y configuraciones sin ataduras mutuas.
- 3) Posibilitar que las llamadas se realicen a un número único, con independencia de la ubicación del terminal.
- 4) Asegurar una elevada calidad de fidelidad de las señales de voz y datos.
- 5) Flexibilidad de operación, tal que permita al usuario la elección por cada llamada o globalmente, de parámetros de la comunicación tales como velocidad de información, tipo de conmutación (circuito, paquetes), etc.

Los protocolos de la interfaz U_m se han especificado siguiendo el modelo de referencia OSI y definen estructuras de canales y señalización así como las funciones de gestión de movilidad y recursos físicos. Se han establecido tres capas de protocolos, como se muestra en la figura 3.3.

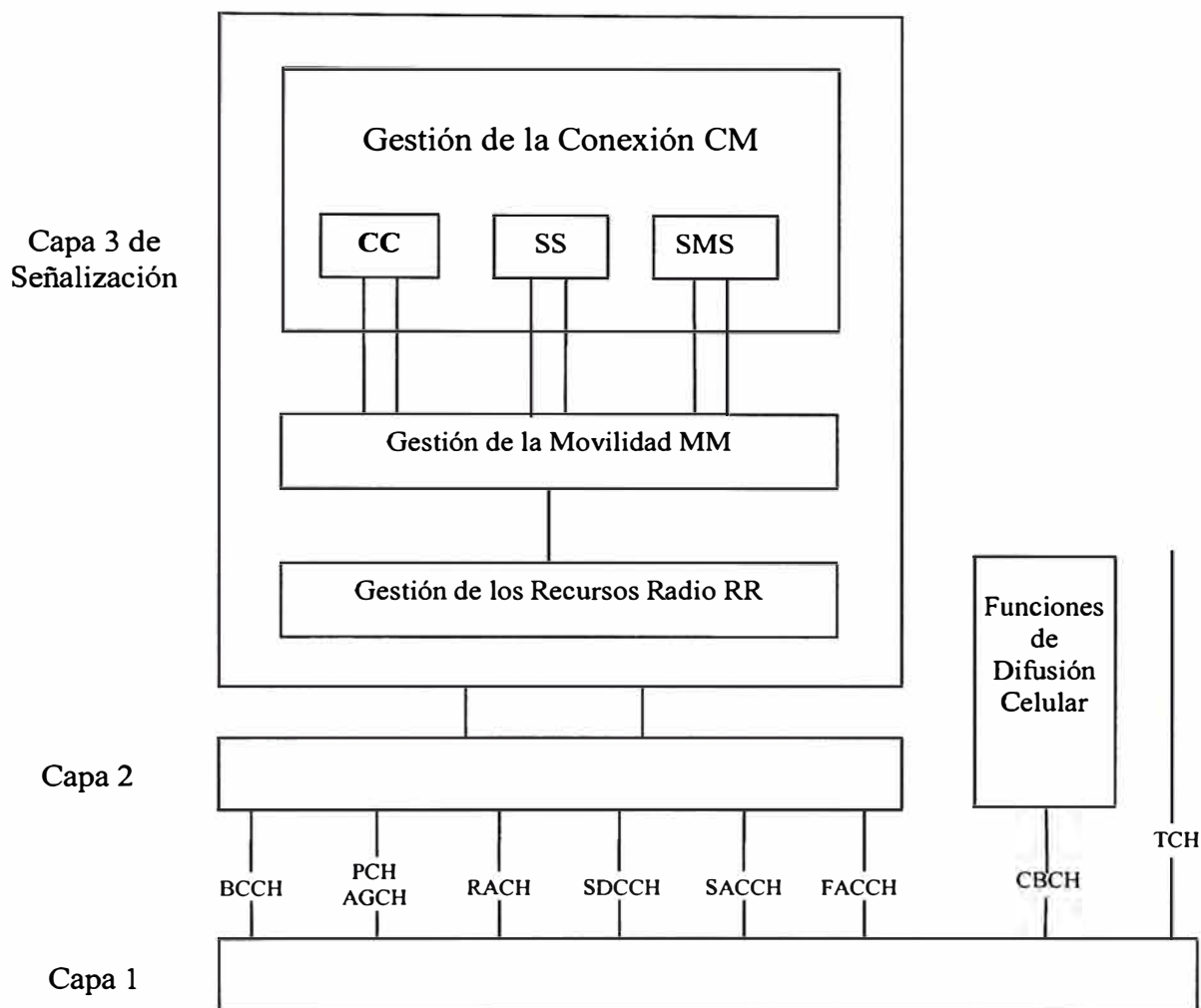


Figura 3.3 Estructura de capas de señalización en la interfaz radio

La capa física contiene las funciones necesarias para la transferencia de trenes de bits sobre los canales físicos radioeléctricos.

En GSM se utilizan para el acceso a radio dos portadoras radioeléctricas para los enlaces ascendentes (uplink) y descendentes (downlink), respectivamente. Al conjunto de las dos portadoras suele llamarse radiocanal. Cada radiocanal es compartido por varios usuarios mediante la técnica de acceso múltiple por división de tiempo, TDMA (Time división Múltiple Acces).

3.6.2. Canales Lógicos y Canales Físicos

La capa física está organizada en canales lógicos y canales físicos. Los canales

lógicos son estructuras de datos y protocolos que realizan funciones de intercambio de información necesaria para:

- Seguimiento de los móviles y aviso a éstos.
- Establecimiento de las llamadas.
- Mantenimiento de la comunicación.
- Supervisión y control de la calidad.

Varios canales lógicos son mapeados sobre los canales físicos. La organización de los canales lógicos dependen de la aplicación y de la dirección del flujo de información (uplink/downlink o bidireccional). Un canal lógico también puede ser cualquier canal de tráfico (TCH), cuyas portadoras utilicen canales de datos o señalización. La figura 3.4 muestra la distribución de los canales en GSM.

Los canales lógicos se clasifican en dos grandes grupos:

- a) Canales Comunes.
- b) Canales Dedicados.

3.6.2.1. Canales Lógicos Comunes:

Los canales comunes se utilizan para difundir diferente información a los móviles y para fijar canales de señalación entre el MSC/VLR y la estación móvil. Son canales punto a multipunto.

Dentro de los canales comunes, existen los canales de señalización en la interfaz aire y se usan para establecimiento de llamadas, paging (búsqueda), sincronización, etc. Se tienen dos grupos de canales de señalización:

- 1. Canales de Difusión (Broadcast Channels BCH):** transportan solamente información en sentido descendente (downlink) y son responsables principalmente por la sincronización y corrección de frecuencia. Este es el

único tipo de canal habilitado para comunicaciones punto a multipunto en el cual los mensajes cortos son transmitidos simultáneamente a varios móviles.

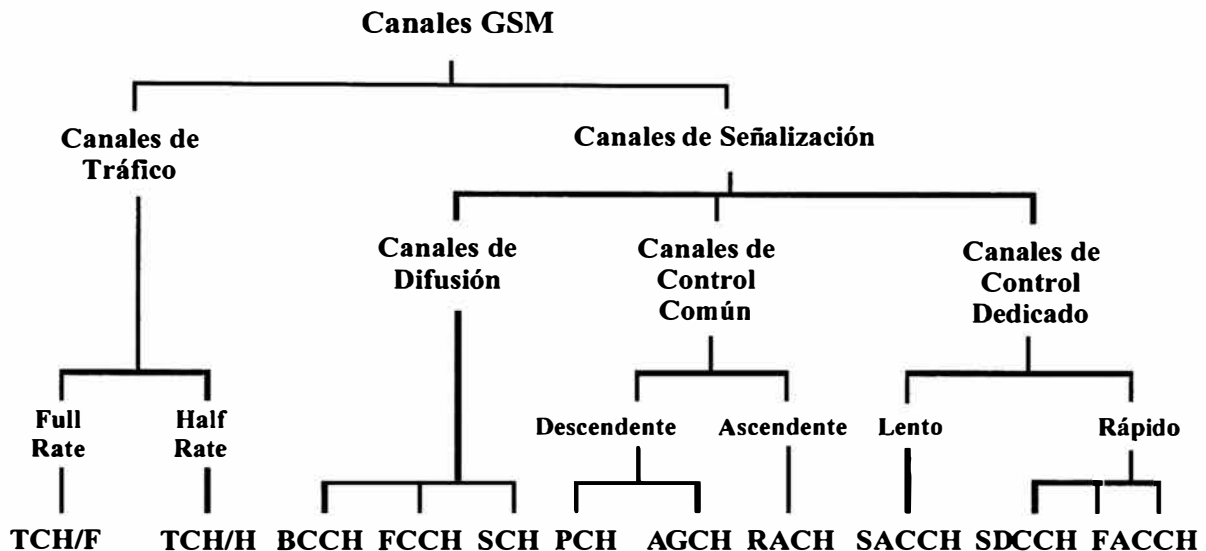


Figura 3.4 Distribución de canales lógicos y físicos utilizados en GSM

Los BCHs incluyen los siguientes canales:

- **Broadcast Control Channels (BCCH):** Contienen información específica de la red y de celdas, tales como: código de área local (LAC), operador de la red, parámetros de acceso, lista de vecinos, etc. Las estaciones móviles reciben información vía los BCCHs de varias estaciones base dentro de una misma área, red y de redes diferentes.
- **Canales de corrección de frecuencia (FCCH):** En el sentido descendente únicamente, la ráfaga FCCH consiste de puros “0” que se transmiten como puras ondas senoidales, esto actúa como un flag para todas las estaciones móviles y las habilita para poder encontrar varios TCHs que contengan la información de broadcast transmission. Los móviles buscan esta señal luego que se han puesto en servicio, para saber a que frecuencias deben estar enganchados.

- **Canales de sincronización (SCH):** Contienen los códigos de identificación de las estaciones base (BSIC) y un reducido número de tramas TDMA. Los BSIC son necesarios para identificar que la intensidad de la frecuencia sea correctamente medida por los móviles desde alguna estación base en particular. En algunos casos, el móvil puede detectar la misma frecuencia de alguna estación base distante. El número de trama TDMA se requiere para la encriptación de la voz.
2. **Los canales de control común (CCCH):** Comprenden el segundo grupo de canales lógicos. Ellos se usan para fijar una conexión punto a punto. Se usan en ambas direcciones uplink y downlink, llevan información de la red a los móviles y provee el acceso a la red. Se tienen tres tipos de canales CCCH:
- **Canal de Búsqueda, Paging Channel (PCH):** Es un canal de downlink solamente, la estación base comunica al móvil que tiene una llamada entrante.
 - **Canal de Acceso Aleatorio, Random Access Channel (RACH):** Es un canal uplink solamente. Permite al móvil solicitar un canal SDCCCH en respuesta a un page o debido a una llamada; los móviles eligen un tiempo aleatorio para enviar sobre este canal. Esto crea una posibilidad de colisión con transmisiones de otras estaciones móviles.
 - **Acces Grant Channel (AGCH):** Es un canal descendente solamente. Se usa como respuesta al RACH. La estación base designa un TCH o un SDCCCH al móvil, permitiendo así el acceso del móvil a la red.

El PCH y el AGCH son transmitidos en un canal llamado Paging and Access Grant Channel (PAGCH). Ellos están separados por el tiempo.

3.6.2.2. Canales Lógicos Dedicados:

Son aquellos que transmiten información correspondiente a una conexión establecida entre un móvil y la red. Son canales punto a punto.

1. Canales de Control Dedicados (Dedicated Control Channel DCCH):

Comprenden el tercer grupo de canales. Son responsables por ejemplo del roaming, handovers, encriptación, etc. Son canales bidireccionales y punto.

Hay tres tipos de canales:

- Canal de Control Dedicado Libre, Stand Alone Dedicated Control Channel (SDCCH): es usado para la señalización del sistema, establecimiento de una llamada antes que le sea asignado un canal de tráfico y para el envío de mensajes cortos.
- Canal de Control Asociado Lento, Slow Associated Control Channels (SACCH): Transmite continuos reportes de medidas en paralelo, para un TCH o SDCCH requerido; por ejemplo para decisiones de Handover; para medidas de datos de radio, control de potencia, adelanto de tiempo, etc. En algunos casos también se utilizan para transmisión de mensajes cortos.
- Canal de Control Asociado Veloz, Fast Associated Control Channel (FACCH): De manera similar al SACCH, se utilizan en paralelo para operación del TCH; si la razón de datos de información del SACCH es insuficiente, se utilizara en modo “de préstamo” o “robo”: así ancho de banda adicional es prestado desde un TCH, esto sucede para mensajes asociados durante el establecimiento de autenticación de un abonado, decisión de handover, etc.

Casi todos los canales de señalización usan el formato de la ráfaga normal, excepto para los canales RACH, FCCH y SCH.

3.6.3. Canales de Tráfico

Un canal de tráfico (TCH) se considera también un canal dedicado, se usa para transportar tráfico de voz y datos. Un canal de tráfico se define como una multitrama de 26 tramas, o grupo de 26 tramas TDMA. La longitud de 1 multitrama es de 120 ms. De las 26 tramas, 24 se usan para tráfico, 1 se usa para los canales de control lentos (SACCH) y uno no se usa. Los TCHs para uplink y downlink se separan en intervalos de 3 periodos de ráfaga, de modo que la estación móvil no tiene que transmitir y recibir simultáneamente, de modo que se simplifica la circuitería electrónica. Este método permite que los filtros de las antenas duplex, en las estaciones móviles, permitan evitar y así ayudar a reducir el consumo de potencia.

Además se han definido dos tipos de canales de tráfico, TCHs full rate (13 Kbps) y los TCHs half rate (5.6 kbps), los TCHs half rate duplican la capacidad de tráfico en el sistema permitiendo transmitir dos llamadas en un único canal. Un canal TCH full rate solamente soporta hasta 9.6 kbps cuando transmite datos, esto es debido a los algoritmos de seguridad que deben manejar. Otra forma de canal de tráfico es el llamado Enhanced full rate (EFR). La codificación de voz en los canales EFR se mantiene en 13 kbps, pero los mecanismos de codificación son diferentes que los usados en los canales de tráfico full rate normales. Los canales EFR proporcionan mejor calidad de voz a la misma tasa de bits, los canales de tráfico pueden transmitir voz y datos y además son bidireccionales.

3.6.4. Formatos de Ráfaga (Burst)

Un time slot dura 576 us, luego una ráfaga son 156.25 bits de duración. Existen 5 tipos diferentes de ráfagas en el sistema GSM. Estos se distinguen por las diferentes tramas TDMA. Las ráfagas están constituidas por un núcleo formado por bits de información y la secuencia de entrenamiento, rodeado de bits de cola. El período comprendido entre dos ráfagas que aparecen en TS consecutivos de una trama se denomina período de guarda.

- a) La Ráfaga Normal (Normal Burst NB): que se usa para transmitir información de tráfico y de control, excepto para RACH. Contiene 116 bits encriptados.
- b) La Ráfaga de corrección de frecuencia (Frequency Burst FB): Utilizado para la sincronización de frecuencia del móvil. El contenido de esta ráfaga se usa para calcular una onda modulada, oscilación sinusoidal, sobre la cual el sintetizador del móvil es fijado.
- c) La Ráfaga de sincronización (Synchronization Burst SB): Usado para la sincronización de reloj del móvil con el de la BTS. Este contiene una larga secuencia de entrenamiento y lleva la información de un número de tramas TDMA.
- d) La Ráfaga de Acceso (Access Burst AB): Usado para acceso aleatorio y caracterizado por un largo período de guarda (256 us) para permitir transmisión de ráfagas desde un móvil que no conoce el tiempo correcto de adelanto en el primer acceso a la red o después de un handover.
- e) La Ráfaga de Relleno (Dummy Burst DB): Se transmite como un relleno de los time slot no utilizados de una portadora; no transmiten ninguna información pero tienen el mismo formato que una ráfaga normal.

En la capa 1(GSM Rec. 04.04): los canales lógicos se ponen en correspondencia con los canales físicos del modo siguiente. Como se ha indicado, en GSM se utiliza multiacceso TDMA. En TDMA el tiempo se divide en segmentos iguales llamados intervalos (“timeslots”). Un conjunto de 8 intervalos (numerados de 0 a 7) forma una trama (“frame”). Las tramas se repiten periódicamente. Un canal físico es un par: “radiocanal – intervalo”. La transmisión de información por los canales físicos es discontinua, en forma de ráfagas (“burst”) de bits alojados en los intervalos de tiempo. En consecuencia, los recursos de la capa física son radiocanales e intervalos de tiempo.

Además de las funciones descritas, la capa física incluye otras muy importantes, como son:

- Codificación de canal para la detección y corrección de errores de bits.
- Cifrado de la información.
- Selección de celda en modo desocupado
- Supervisión de la calidad de la comunicación

La capa física hace interfaz con la gestión de recursos RR para intercambio de mensajes relativos a la asignación de canales físicos, así como información del sistema (medidas, retardo temporal, etc).

La capa 2 tiene por objeto el establecimiento de un enlace de señalización fiable y seguro entre la MS y la red. Se han diseñado entidades de protocolos específicos para los diferentes canales lógicos.

El protocolo básico de la capa 2 (GSM Rec. 04.05/06): es llamado LAPDm, basado en el LAPD de RDSI, pero con algunas modificaciones, como por ejemplo el control de errores que, como hemos visto, se pasa a la capa física. Otro cambio es la

segmentación de la longitud. En efecto, un mensaje de LAPD puede tener hasta 249 octetos. En cambio por los canales lógicos GSM la longitud máxima es de 23 octetos.

En esta capa se realiza la multiplexación y demultiplexación de los diferentes tipos de canales lógicos.

La capa 3 (GSM Rec. 04.07/08): se encarga de la señalización entre la MS y la red y se ha subdividido en tres subcapas: RR, MM y CM que se describe a continuación:

3.6.5. Gestión de los Recursos de Radio : RR

La subcapa RR es responsable de proporcionar un enlace radio fiable entre la MS y la infraestructura de red. Ello incluye el establecimiento y la atribución de radiocanales en la interfaz U_m , así como la constitución de enlaces con el MSC a través de la interfaz A. Otras funciones importantes son:

- A. Aviso a los móviles
- B. Establecimiento de un canal dedicado dentro de la misma celda.
- C. Traspaso de una llamada de una célula a otra.
- D. Redefinición de frecuencias, en caso de transmisión con los saltos de frecuencia.

Los mensajes RR residen en el BSC del lado de red y se envían transparentemente a través de la BTS. A esta parte de la interfaz se le denomina RIL – 3 (Radio Interfaz Layer 3)

3.6.6. Gestión de la movilidad : MM

Esta capa supone una conexión RR fiable y se ocupa de las funciones propias de la movilidad de los usuarios como son la localización y el seguimiento. También

se ocupa de la seguridad en el acceso. La gestión de la localización implica los procedimientos y señalización necesarios para la actualización de la localización y registro en el VLR y HLR. La seguridad exige la autenticación del móvil para evitar el acceso a la red de usuarios no autorizados y la asignación de identidades ficticias temporales. Los protocolos de la subcapa MM afectan al SIM de la MS, al MSC, VLR, HLR y AuC.

3.6.7. Gestión de Conexión : CM

Se ocupa de los procesos relativos al establecimiento y control de las llamadas y servicios suplementarios asociados. Consta de tres entidades:

- a) **Control de la llamada, CC (Call Control)**, que proporciona funciones y procedimientos para llamadas móviles RDSI, como por ejemplo, modificación del servicio en el curso de la llamada, o cambio de voz a datos. Comprende también funciones propias de algunos servicios suplementarios, como la señalización usuario – usuario.
- b) **Entidad de sustentación de servicios suplementarios, SS (Supplementary Services)**, que se ocupa del tratamiento de los servicios suplementarios de carácter general (no vinculados a una llamada concreta) como por ejemplo, llamada en espera, re-encaminamiento en ausencia de respuesta, etc.
- c) **Entidad de sustentación del servicio de mensajes cortos, SMS (Short Message Service)**, que proporciona los protocolos para la transferencia de mensajes alfanuméricos breves entre la red y una MS.

En la figura 3.5, se esquematiza el tránsito, a través de la interfaz aire U_m , de mensajes que se intercambian entre la MS y las diferentes unidades funcionales.

En la figura 3.6 se representa el tránsito de los mensajes de señalización a través de las diferentes unidades funcionales de GSM.

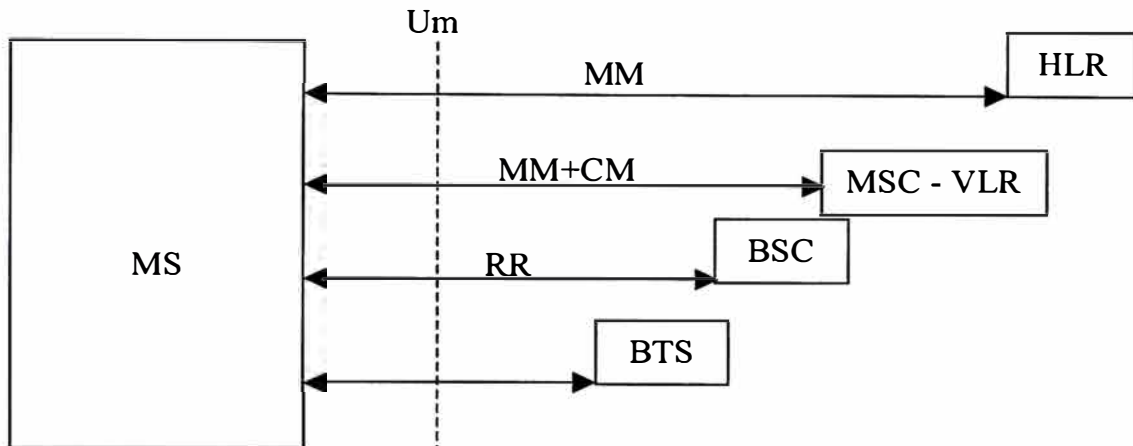


Figura 3.5 Tránsito de mensajes de señalización en la interfaz aire

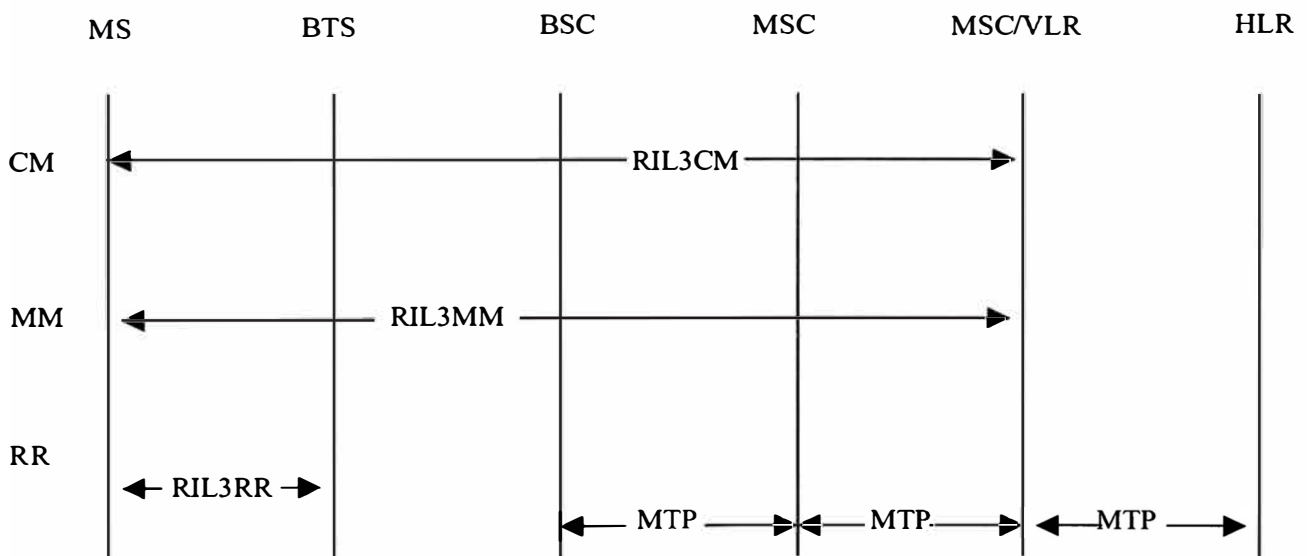


Figura 3.6 Tránsito de mensajes de señalización en las unidades funcionales de GSM

CAPÍTULO IV

MÓDULO DE IDENTIDAD DEL ABONADO (SIM CARD)

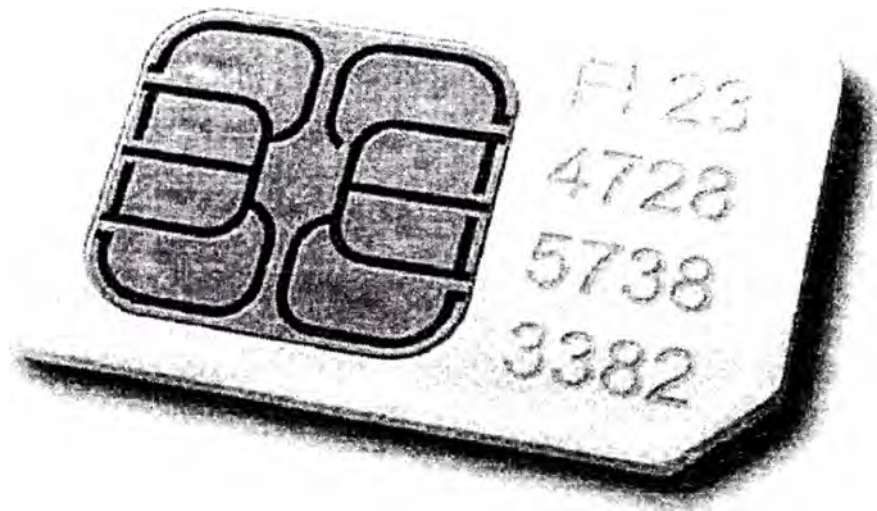


Figura 4.1 Módulo de identidad del abonado

4.1. Alcances:

El ETSI (European Telecommunications Standard Institute), define las características funcionales del Módulo de Identidad del Abonado (Subscriber Identity Module SIM) para estaciones móviles.

Las especificaciones ETSI, corresponden a las especificaciones técnicas de GSM 02.17 versión 4.3.3.

4.2. Definición

El SIM es una entidad que contiene la identidad del abonado. Cuando esta ubicado dentro del equipo móvil, ambos conforman lo que se conoce como Estación Móvil (Mobile Station MS), la cual se encuentra en condiciones de poder registrarse en una red GSM.

4.3. Funciones

La primera función del SIM es realizar la autenticación del móvil cuando acceda a una red GSM y verificar su validación. En consecuencia este provee un significado para autenticar al usuario y puede también almacenar otra información relacionada con el abonado. Los datos del abonado son almacenados en la red y no en el SIM.

Una estación móvil GSM, comprende un equipo móvil y una tarjeta SIM. El SIM es un módulo removible. El SIM contiene la Identidad Internacional del Abonado Móvil (IMSI) el cual identifica inequívocamente al abonado. Sin un IMSI valido, los servicios GSM no estarán accesibles (excepto para llamadas de emergencia).

La interfaz usuario del equipo móvil relacionado a las funciones del SIM se definen en la norma TS GSM 02.30, esta norma especifica las funciones de seguridad para autenticar el SIM, esta característica se basa en un algoritmo criptográfico A3 y en una clave secreta de identificación de abonado Ki, ambos están ubicados dentro del SIM.

El SIM contiene un número de identificación personal (PIN) para proporcionar protección en contra del uso no autorizado. Para algunas características opcionales, el uso del Número de Identificación Personal 2 (PIN2) también esta accesible. Los PINs son almacenados y verificados dentro del SIM.

4.4. Información Almacenada en el SIM

La información almacenada para el usuario en el SIM son de tres tipos:

- 1.- Datos fijos durante fase administrativa.
- 2.- Datos temporales de red.

3.- Datos relacionados al servicio.

Se especifican dos tipos físicos de SIM:

A. ID-1 SIM.

B. Plug-in SIM.

Las características de estos módulos se especifican en: TS GSM 11.11.

La interfaz lógica y eléctrica se define en: TS GSM 11.11 y es idéntica para ambos tipos de SIM.

4.5. Características de Seguridad:

Los aspectos de seguridad de GSM se definen en TS GSM 02.09 y TS GSM 03.20.

Estas especificaciones de seguridad definen los atributos para ser soportados por el SIM:

- Algoritmo de Autenticación A3.
- Clave de Autenticación Ki.
- Algoritmo de generación de Clave de cifrado A8.
- Clave de Cifrado Kc.
- Control de acceso a los datos almacenados y funciones realizadas por el SIM.

El SIM es en realidad, más que una base de datos, es una especie de ordenador pequeño que está integrado dentro de una tarjeta. La información se estructura en ficheros y es posible establecer una comunicación con el SIM mediante comandos.

Además de datos, el SIM guarda otro tipo de información, entre la que debemos resaltar los algoritmos de autenticación y de obtención de Kc. La información de esta tarjeta puede ser personalizada por el usuario, es decir, cada

persona puede tener ficheros adicionales propios. Esto depende, por ejemplo, de determinados servicios que se hayan contratado. En algunos casos, también existe la posibilidad de introducir pequeños programas que entiendan el SIM. Esto se realiza mediante la herramienta SIM toolkit, que abre un nuevo rango de posibilidades al ofrecer nuevos servicios desde el propio SIM.

El diagrama adjunto (Figura 4.2), muestra la estructura de ficheros que dispone el SIM. En este gráfico no se está mostrando los algoritmos de autenticación y obtención de K_c , de los que también dispone el SIM.

4.6. Estructura Interna del Módulo SIM

La memoria del SIM consta de ficheros que se organizan de forma jerárquica. La sección relacionada con el GSM parte de un fichero maestro, MF (Master File), del cual dependen directamente dos ficheros dedicados, DF (Dedicated File) y uno elemental, EF (Elementary File). Un fichero dedicado puede contener otros elementales, pero un elemental no.

Los dos ficheros dedicados DF que podemos encontrar en la figura son:

- DF GSM: contiene la aplicación para GSM y/o DCS 1800 / PCS 1900.
- DF TELECOM: contiene las funciones relacionadas con el servicio de telecomunicación.

Cada DF contiene una serie de ficheros elementales EF, que pueden ser obligatorios u opcionales, cuyo contenido en ocasiones se podrá actualizar y en otros casos deberá permanecer inalterable.

Es posible que en otras aplicaciones diferentes de GSM, la estructura de ficheros del SIM sea diferente, pudiendo concatenarse unos DF dentro de otros hasta muchos niveles.

4.7. Datos que se almacenan en el SIM

A continuación analizaremos los datos que se guardan en el SIM:

- ICCID: es la identificación de la tarjeta de circuitos integrados, ICC (Integrated Circuit Cards), es decir, es un número de identificación único para el SIM. Es un EF obligatorio, cuyo valor no se modificará nunca.
- ADN: este fichero contiene números de marcación abreviada, ADN (Abreviating Dialling Number) y/o cadenas de control de servicios suplementarios. Es un fichero opcional.
- FDN: este fichero contiene los números de marcación fija, FDN (Fixed Dialling Number) y/o cadenas de control de servicios suplementarios: Es un fichero opcional.
- SMS: Contiene información relativa al servicio de mensajes cortos, SMS (Short Message Service), tanto originados como terminados en móvil. Es un fichero opcional.
- CCP: contiene parámetros de configuración de capacidad, CCP (Capability Configurations Parameters). Son parámetros de la red y de las capacidades portadoras y configuraciones de la estación móvil que están relacionadas con el establecimiento de una llamada utilizando un número de marcación abreviado, un número de marcación fijo, un MSISDN o el último número marcado. Es un fichero opcional.
- LDN: contiene los últimos números marcados. LDN (Last Number Dialed). De esta forma, el usuario no necesita volver a marcarlos de nuevo. Es opcional.
- SDN: Contiene números de servicio especiales SDN (Service Dialling Numbers). Es opcional.

ESTRUCTURA DE FICHEROS EN EL SIM CARD

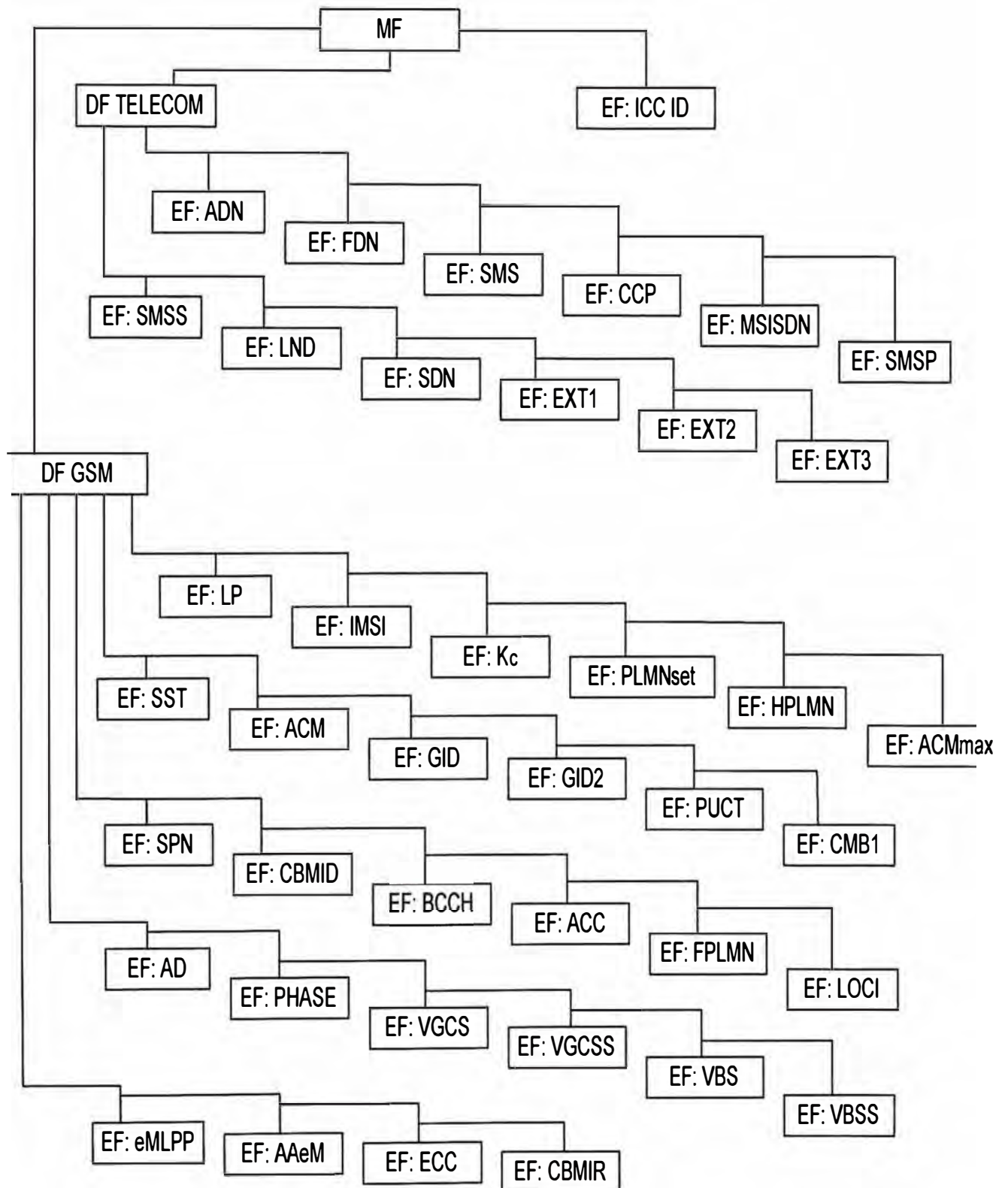


Figura 4.2 Estructura interna de ficheros en el SIM

- MSISDN: contiene el o los MSISDN del usuario (debe recordarse que es posible que un usuario tenga asociados mas de un MSISDN, por ejemplo, si tiene varios servicios contratados). Es un fichero opcional. En ocasiones, las estaciones móviles muestran en su pantalla el MSISDN del usuario cuando se están inicializando. En el caso de que el SIM tenga varios guardados, mostrará el guardado en primera posición.
- SMSP: contiene valores para los parámetros de la cabecera de los mensajes cortos que va a enviar el móvil, SMSP (Short Message Service Header Parameters). Sirven para ayudar al usuario en la preparación de dichos mensajes cortos. Este fichero puede contener varios registros con parámetros por defecto. Por ejemplo un parámetro muy común, suele ser la dirección del centro de servicio de mensajes cortos. Es un fichero opcional.
- SMSS: Son las siglas de Short Message Service Status. Contiene información de estado relacionado con el servicio de mensajes cortos. Por ejemplo, indica si se ha excedido la capacidad de memoria. Es importante, porque si un móvil, por ejemplo ha agotado toda su memoria reservada para mensajes cortos, la red no podrá enviarle nuevos mensajes hasta que se libere espacio para el mismo. La presencia de este fichero esta relacionado con la del EF SMS: deben estar ambos presentes o ambos ausentes, pero no uno sin el otro.
- EXT1: guarda datos extra de un ADN/SSC, MSISDN o un LDN, por ejemplo, porque la longitud del número ADN, SSC, etc, excede la capacidad del EF correspondiente y aquí se guarda el resto. Es un fichero opcional.
- EXT2: contiene datos extra de un FDN/SSC. Es un fichero opcional.
- EXT3: contiene datos extra de un SDN. Es un fichero opcional.

- LP: contiene la lista de los lenguajes preferidos, LP (Lenguaje Preference) por orden de prioridad, de forma que el usuario puede escoger sus preferencias. Es un fichero obligatorio que como mínimo debe tener una lengua.
- IMSI: Contiene el IMSI del usuario. Por tanto, es un fichero obligatorio. Se utiliza en numerosas operaciones.
- Kc: Contiene la clave de cifrado y la CKSN. Es obligatorio, ya que se utilizará siempre que se cifre una conversación.
- PLMN Selector: contiene una lista de PLMN en orden de preferencia. Esta información la determina el usuario o el operador de la Red. Es opcional y debe contener capacidad para al menos 8 redes.
- HPLMN Período de Búsqueda: contiene el intervalo de tiempo entre búsqueda de la red GSM madre, HPLMN (Home PLMN). Es obligatorio.
- SST: contiene la tabla de servicios del SIM, SST (SIM service Table), es decir, indica los servicios que han sido definidos en el SIM y dentro de estos, cuales están activos. Si un servicio no ha sido definido en el SIM, o no está activo, el móvil no podrá disponer de él. Es un fichero obligatorio. Los servicios a los que se refiere son por ejemplo: ADN, FDN, CCP, PLMN, Selector, LND, MSISDN, etc.
- ACM: contiene el número total de unidades tanto para la llamada en curso como las anteriores, ACM (Accumulated Call Meter). Esta información se utiliza por ejemplo para proporcionar al usuario un orden de magnitud de lo que cuesta su llamada. Es opcional, pero esencial para algunas aplicaciones.
- ACMmax: contiene el máximo valor posible del ACM. Si hay un EF ACM, este EF deberá existir también. El máximo valor del ACM lo puede elegir el cliente,

para limitar las unidades que va a consumir. En caso de que el ACM alcanza el valor de ACMmax, la llamada en curso deberá ser terminada por el móvil, indicándosele de forma apropiada al usuario.

- **GID1 y GID2:** son identificadores de grupo de nivel 1 y 2. Contiene identificaciones para asociaciones particulares del SIM y estación móvil. Se pueden utilizar para identificar a un grupo de SIM para una determinada aplicación. El que sean de nivel 1 o 2, permite que el operador les de diferentes niveles de seguridad. Son opcionales.
- **PUCT:** este registro contiene la tabla de monedas y el precio por unidad de llamada. PUCT (Price per Unit and Currency Table). Por supuesto tiene mucha relación con el servicio de tarificación, AoC (Advice of Charge), que permite que el usuario conozca el importe de su llamada en el momento en que la realiza. Este fichero y el de ACM trabajan conjuntamente: el de ACM contiene las unidades que dura la llamada y éste el precio de cada unidad y una tabla de diferentes monedas, con los que se podrá informar al usuario del importe en la moneda en que desee. Es opcional, pero si existe el EF ACM, este deberá existir también.
- **CBMI:** Contiene los parámetros de identificación del mensaje que especifica el tipo de contenido de todos los mensajes de difusión de celda que el móvil esta dispuesto a aceptar, CBMI (Cell Broadcast Identifier Selection). Esta función es opcional.
- **SPN:** contiene el nombre del proveedor del servicio, SPN (Service Provider Name) y las condiciones que se necesitan para que la estación móvil lo pueda mostrar en su pantalla. De esta forma, muchos móviles muestran el nombre del operador GSM que les esta proporcionando el servicio. Esta función es opcional.

- **CBMID:** contiene los parámetros de identificación del mensaje que especifica el tipo de contenido de los mensajes de difusión de celda que se deben pasar a la SIM. ES opcional.
- **BCCH:** contiene información relativa al BCCH. El SIM debe guardar parte de la información radiada en este canal, para facilitar operaciones posteriores en la interfaz radio, por ejemplo, parte de esta información puede reducir mucho el tiempo de búsqueda de portadoras cuando se desea seleccionar una celda.
- **ACC:** Son las siglas de Access Control Class. Cada vez que se da de alta a un nuevo usuario, se le asigna una categoría de acceso a la red. ACC contiene la clase o clases de control de acceso asignadas. Este parámetro se utiliza para el control de las ráfagas RACH de la interfaz radio, de forma que si el móvil tiene una clase de acceso que no está permitida en esa celda no le serán asignados recursos. Es un fichero obligatorio.
- **FPLMN:** contiene los códigos de redes móviles prohibidas, FPLMN (Forbidden PLMN). Es una información que debe ser leída en el proceso de inicialización del SIM y que informa al móvil de las redes a las que no debe intentar acceder. La lista contiene hasta un máximo de cuatro redes prohibidas. Una red pasa a formar parte de esta lista cuando el móvil intenta hacer una actualización de posición y la red la rechaza, devolviendo el error "PLMN Not Allowed". Si la lista ya contiene cuatro redes y una nueva devuelve este error, esta última se guardará en la cuarta posición y todo el registro sufrirá un desplazamiento, perdiéndose la que se encontraba en primera posición. El código guardado que identifica a cada red será su MCC seguido del MNC. Es un registro obligatorio, no se puede dejar de implementar.

- **LOCI:** contiene información de localización, LOCI (Location Information). Los datos guardados son: el TMSI, el temporizador que controla las actualizaciones de posición periódicas (indica cada cuanto debe realizarse una actualización de posición periódica), el estado de la actualización (si se ha actualizado o no, si la PLMN o el área de localización no son permitidas) y el LAI.
- **AD (Administrative Data):** contiene información sobre el modo de operación según el tipo de SIM. Por ejemplo, puede ser normal (para usuarios GSM normales), prueba (para comprobar si una celda funciona bien antes de ponerla en servicio comercial), etc.
- **PHASE:** contiene información relativa a la fase de la SIM (phase identification), que puede ser 1, 2, 2+ o futuras.
- **VGCS:** contiene la lista de aquellos identificadores de grupos VGCS a los que se ha suscrito el usuario. Es un fichero opcional que utiliza el móvil cuando establece o recibe llamadas de grupo.
- **VGCSS:** contiene el estado de activación para los identificadores guardados en el EFVGCS. Es opcional, pero deberá existir, siempre que este el EF anterior.
- **VBS:** contiene la lista de aquellos identificadores de grupos VBS a los que se ha suscrito el usuario. Es un fichero opcional que utiliza el móvil cuando establece o recibe llamadas de difusión. Un grupo VBS es un conjunto de usuarios, dentro del cual se permite que la voz (u otro de señal que se pueda transmitir vía el codificador de voz) que genera uno de ellos, se difunda en un área geográfica predefinida.
- **VBSS:** contiene el estado de activación para los identificadores guardados en el EF VBS. Es opcional, pero deberá existir, siempre que este el EF anterior.

- EMLPP: es un fichero opcional que contiene información sobre niveles de prioridad y condiciones de establecimiento de llamadas rápidas para el servicio suplementario de Enhanced Multi Level Preemption and Priority. Por un lado, este servicio permite que se asignen niveles de prioridad a las llamadas, relacionados con el tiempo de establecimiento de las mismas. Por otro lado, permite asignar prioridades relacionados con los recursos, de la forma que es posible que se pueda llegar a desconectar una llamada en curso para dar paso a otra de mayor prioridad, si no hay recursos suficientes para ambas.
- AAeM: contiene los niveles de prioridad para los que la estación móvil debe responder automáticamente (Automatic Answer for EMLPP service, AAeM). Es opcional.
- ECC: contiene hasta cinco códigos de llamadas de emergencia (emergency call codes). Es opcional.
- CBMIR: contiene los rangos de identificadores de mensajes de difusión de celda que el usuario desea que acepte su móvil, CBMIR (Cell Broadcast Message Identifier Range Selection). Es opcional.

Además de todos los datos anteriores, el SIM, como se ha indicado, al principio contiene los algoritmos fundamentales para GSM, como son los algoritmos de autenticación (A3) y obtención de la clave de cifrado K_c (A8), tal como se muestra en la figura 4.3.

El SIM también contiene la clave de identificación de usuario K_i . En esta clave reside la seguridad del sistema. Por esta razón el SIM la guarda en una zona no accesible, al contrario que el resto de los ficheros que se han presentado y ni siquiera el propio usuario puede conocer su K_i .

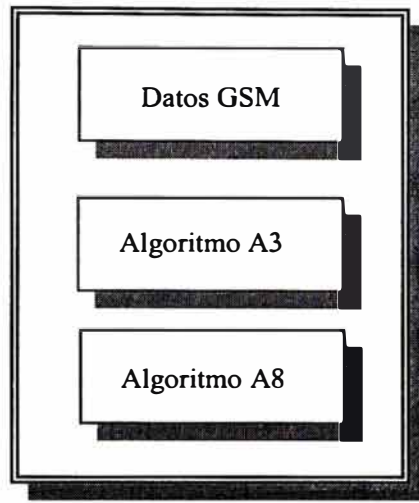


Figura 4.3 Algoritmos de seguridad en el SIM

CAPÍTULO V SEGURIDAD DEL ABONADO

5.1. Identificación de Abonados Móviles

5.1.1. IMSI:

El IMSI (International Mobile Subscriber Identity) es la identidad internacional del cliente móvil y por tanto es la única para cada cliente en todo el mundo. El IMSI, identifica un cliente con su red GSM. Para asegurar la privacidad del IMSI y evitar que este viajando continuamente en la interfaz radio, el VLR asigna un número temporal TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) a cada uno de sus visitantes.

De forma opcional y para acelerar la búsqueda de los datos de un cliente en el VLR, se define el LMSI (Local Mobile Station Identity) o identidad local de la estación móvil. El LMSI es asignado por el VLR en el procedimiento de actualización de posición y es enviado al HLR junto con el IMSI. Aunque el HLR no los utiliza para nada, en caso de que disponga de él, lo envía siempre junto al IMSI en todos los mensajes referentes a dicho móvil hacia el VLR para facilitar la búsqueda dentro de su base de datos.

5.1.1.1. Estructura IMSI

La estructura del IMSI se muestra en la figura 5.1. Todos los caracteres deben ser numéricos y en ningún caso exceder a los 15 dígitos:

$$\text{IMSI} = \text{MCC} + \text{MNC} + \text{MSIN}$$

Figura 5.1 Elementos que conforman el IMSI

Como podemos ver esta formado por tres partes:

MCC (Mobile Country Code): que consta de tres dígitos e identifica unívocamente el país donde esta domiciliado el cliente móvil. La distribución de los MCC entre los distintos países la realiza el CCITT.

MNC (Mobile Network Code): que tiene dos dígitos e identifica dentro de un país, la red GSM a la que pertenece el cliente. La asignación de los MNC dentro de un país la realiza al administración de este país. Si en un mismo país hay mas de una red GSM, a cada una se le asignará un MNC único.

MSIN (Mobile Subscriber Identification Number): identifica al cliente en cuestión dentro de su red GSM. El MSIN lo asigna cada operador a su gusto.

5.1.2. TMSI:

Debido a que el número temporal TMSI solo tiene significado dentro del VLR y en su zona de influencia, no hay regularización establecida sobre el mismo, sino que deberá ser el operador y el suministrador los que lleguen a un acuerdo sobre el mismo.

La longitud del TMSI es 4 octetos (1 octeto = 8 bits), que se pueden expresar en forma hexadecimal. Para asegurarnos de que al producirse un reinicio en un VLR, no se duplican sus TMSI, una parte de los mismos deberá incluir información relacionada con la hora a la que se asigno cada TMSI o bien un identificador que señale de alguna forma que se ha producido un reinicio.

5.1.3. LMSI

Puesto que es un número interno del VLR, lo único que hay regulado sobre el es que debe tener una longitud de 4 octetos. La identidad local, LMSI, es un número que lo asigna el VLR al móvil en le proceso de actualización de posición, con el

objeto de acelerar el proceso de búsqueda de dicho VLR.

5.1.4. MSISDN

Es el número ISDN internacional de la estación móvil. Identifica de forma única al abonado móvil dentro del plan de numeración de la red telefónica pública.

Su estructura es como se muestra en la figura 5.2.

$$\text{MSISDN} = \text{CC} + \text{NDC} + \text{SN}$$

Figura 5.2 Estructura del MSISDN

CC = (Country Code) Código del País.

NDC = (National Destination Code), código que se asigna a cada red GSM en un país.

SN = (Subscriber Number) Es el número del abonado.

5.1.5. IMEI

Es la identidad internacional del equipo móvil y sirve para identificar a dicho equipo de forma unívoca. Puede ser requerido por el EIR de cualquier red GSM para validar el estado del terminal móvil.

Consta de cuatro partes como se muestra en la figura 5.3.

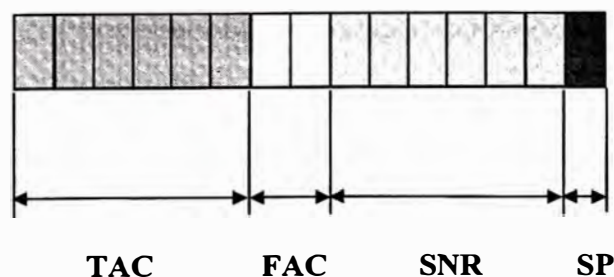


Figura 5.3 Elementos que conforman el IMEI

Donde:

- TAC (Type Approval Code): Tiene 6 dígitos. Es un código que indica que el equipo esta aprobado por un organismo central de GSM.
- FAC (Final Assembly Code): Tiene 2 dígitos. Es un código que identifica al fabricante.
- SNR (Serial Number): Es el número de serie único y tiene 6 dígitos.
- SP (Spare Digit): Este digito debe ser 0 o 1.

5.2. Autenticación y Cifrado.

5.2.1. Introducción

Debido a la particularidad de una red móvil, es necesario el uso de recursos radio, lo que hace que, en principio, la red sea vulnerable al ser utilizada por personas no autorizadas y que resulte afectada la privacidad de los usuarios autorizados. Por esta razón, las redes móviles deben estar dotadas de medidas de seguridad adicionales a las que tienen otro tipo de redes.

En toda red GSM es obligatorio la implementación tanto en la parte del móvil como en la red, de normas de seguridad que describiremos seguidamente. Esto quiere decir que todas las PLMN y todos los móviles deben poder soportarlas. La utilización de las mismas de cara a los clientes propios es decisión del operador, mientras que para los clientes de otras redes que están haciendo itinerancia es obligatorio, salvo que se acuerde lo contrario entre todos los operadores implicados.

5.2.2. Confidencialidad del IMSI

Protege la privacidad del cliente, ya que evita que se pueda localizar al mismo a través del IMSI transmitido por la interfaz radio en los procesos de señalización. Para ello se evita en la medida de lo posible transmitir el IMSI por esa interfaz y lo

que se transmite es su lugar es el TMSI, una identificación temporal proporcionada por el VLR, a través de la cual desde la interfaz radio no se le puede obtener la relación con el IMSI. En algunos casos, es necesario que el móvil transmita su IMSI vía radio. En ese momento no existe protección.

5.2.3. Autenticación de la identidad del usuario

Sirve para que la parte fija de la red GSM pueda comprobar que el IMSI o TMSI enviado por la estación móvil es el correcto. De esta manera el operador móvil protege su red del uso de la misma por parte de personas no autorizadas.

El proceso de autenticación se inicia siempre por parte de la red y no del móvil y se realiza cuando se da alguna de las siguientes situaciones:

- Acción que induzca un cambio en los datos del cliente en el VLR o en el HLR. Por ejemplo, si se modifican datos de la suscripción del cliente o un proceso de actualización de posición en el que se cambie de VLR.
- La primera vez que se accede a la red o la primera vez que se accede al VLR después de un reinicio del mismo.
- Acceso a un servicio. Por ejemplo, cuando se quiere realizar o se va a recibir una llamada.

En cualquier caso, si el proceso de autenticación falla o da un resultado incorrecto, se negará a ese móvil el acceso a la red. En ocasiones pueden existir problemas en la red que impidan la correcta autenticación de un móvil, por ejemplo porque el AuC haya tenido un fallo y no proporcione más tripletas. En ese caso, si el móvil ya se había registrado en la red y por tanto, ya se había autenticado con anterioridad, se le permiten las llamadas.

En caso de que se haya producido un fallo en la parte de autenticación de la red

y se deba realizar este proceso obligatoriamente, cuando se quiera acceder por primera vez o se apague el móvil y quiera acceder de nuevo, no será posible, ya que no se podrá autenticar.

5.2.4. Confidencialidad de los Datos de Usuario en las Conexiones Físicas

Consiste en que no sea accesible la información intercambiada por el cliente en los canales de tráfico. Por ello, se encriptan los canales radio, tanto de voz como de señalización. Hay varios algoritmos de encriptación disponibles (en realidad son todas versiones distintas de un mismo algoritmo denominado A5), por lo que deberá decidirse cual de ellos se utiliza en cada caso. Generalmente, el móvil indica a la red los algoritmos de cifrado que soporta y la red elige según su orden de prioridad cual de ellos prefiere utilizar, indicándoselo al móvil.

En el caso de que el móvil no soportase ninguno de los algoritmos estandarizados, la red no le proporcionaría servicio.

También existe la posibilidad de que la red decida establecer una conversación no cifrada, en cuyo caso se lo indicaría al móvil. Esta es una opción que puede habilitar el operador móvil, por ejemplo, para permitir que puedan conectarse a la red los móviles que soporten algoritmos de cifrado estandarizados, pero diferentes de los que soporta la red. Lógicamente, esta opción permite la conexión de más móviles, pero resta seguridad a la PLMN.

5.2.5. Confidencialidad de los Datos de Usuario en Modo sin Conexión

También se quiere confidencialidad obligatoriamente en la información del cliente que se transmite por los canales de señalización. Tal es el caso de los mensajes cortos.

5.2.6. Confidencialidad en los Elementos de Información de Señalización

Se requiere confidencialidad en la señalización intercambiada entre el móvil y la red. En el establecimiento de la conexión hay parámetros de usuario que no se protegen, entre ellos el IMSI, TMSI o el IMEI, esto se debe a que en primer acceso a la red todavía no se ha acordado el cifrado y por tanto, la información se transmite de forma transparente, sin embargo, una vez que se ha establecido la conexión y se ha acordado el cifrado se protegen varios de estos parámetros, entre ellos el IMSI y el IMEI, por si es necesario transmitirlos de nuevo.

El IMSI se guarda de forma segura dentro del SIM, mientras que el IMEI requiere protección física para que no pueda ser dañado o cambiado.

5.3. Procedimientos de Seguridad

Estos procedimientos están relacionados con el TMSI, la autenticación, el cifrado y la comprobación del IMEI.

5.3.1. Algoritmos de Seguridad

El sistema GSM usa tres algoritmos para propósitos de autenticación y cifrado.

Estos algoritmos son:

1. Algoritmo A3 o de autenticación.
2. Algoritmo A5 o de cifrado / descifrado.
3. Algoritmo A8 o generador de la clave Kc.

Los algoritmos A3 y A8 se ubican en el módulo SIM y en el centro de autenticación AuC.

Antes que la red inicie las funciones de seguridad, el abonado móvil es creado en el AuC, para ello se requiere la siguiente información de abonados:

- IMSI del abonado.
- Ki del abonado.

- Versión del algoritmo utilizado.

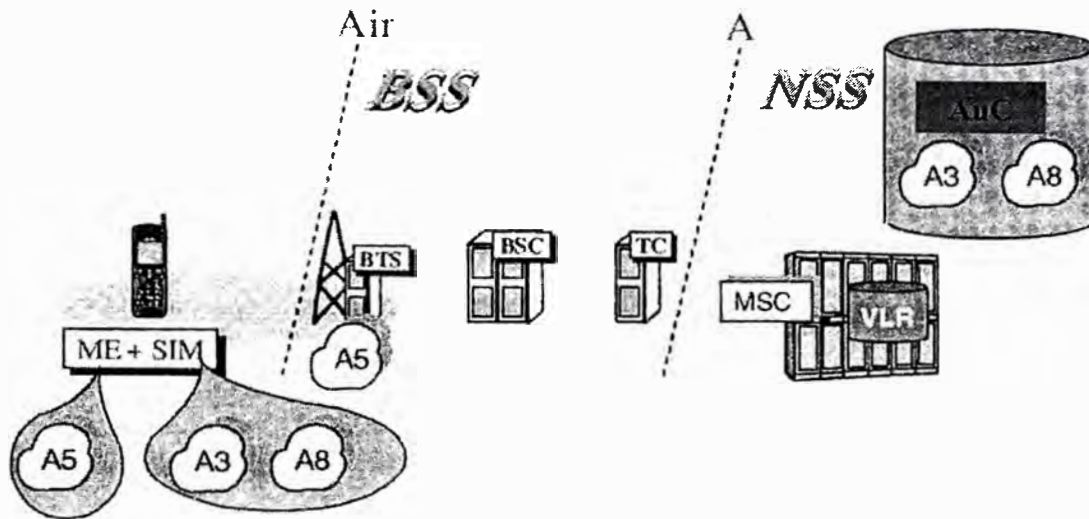


Figura 5.4 Algoritmos de seguridad en GSM

Esta misma información se almacena también en el módulo SIM. El principio básico de las funciones de seguridad de GSM es para “Comparar los datos almacenados en la red con los datos almacenados en el SIM del usuario”.

El número IMSI es la única identificación del abonado móvil. K_i es una clave de autenticación con una longitud de 32 dígitos hexadecimales. Los algoritmos A3 y A8 usan estos dígitos como valores básicos en la autenticación.

5.3.2. Confidencialidad de la identidad del Abonado

La confidencialidad del usuario móvil se refiere en general a métodos para asegurar que nadie pueda llamar a expensas de la otra persona. Desde el punto de vista del usuario final, la estación móvil tiene un mecanismo de seguridad contra su uso indebido, así cuando el equipo es encendido preguntará por el Personal Identification Number o PIN. Si el número ingresado es el correcto, el teléfono se desbloquea y queda listo para ser utilizado.

La identidad del usuario se mantiene confidencialmente por el uso de un número de identidad temporal de abonado (Temporary Mobile Subscriber Identity – TMSI). Este parámetro se utiliza para evitar transmitir el IMSI durante un proceso de identificación, evitándose de esta forma que algún intruso pueda saber cuando el móvil esta accediendo a la red, con solo escuchar la información intercambiada entre la red y el móvil.

Luego de una actualización de posición exitosa, al abonado se le asigna un número TMSI. La siguiente vez que se inicie alguna transmisión entre la red GSM y el móvil, el abonado será identificado por su TMSI, este es reasignado después de cada verificación de autenticación exitosa.

El formato del TMSI depende del operador, este es un número de 32 bits y estos números TMSI son reasignados en un formato cifrado.

5.3.3. Autenticación

La autenticación es un procedimiento utilizado para verificar la validez e integridad de los datos del usuario. Con la ayuda de los procedimientos de autenticación, el operador puede prever el uso de SIMs falsas sobre la red. El procedimiento de autenticación se basa en una clave de identidad Ki, que caracteriza a cada abonado cuando sus datos son establecidos en el HLR. El procedimiento de autenticación verifica que el Ki es exactamente el mismo tanto en el lado de abonado como en el lado de la red.

La autenticación es llevada a cabo por el VLR al inicio de cada establecimiento de llamada, actualización de posición y terminación de llamada (en el lado de usuario llamado). Para llevar a cabo una autenticación, el VLR recibe información de autenticación básica. Si la estación móvil fuera preguntada para que difunda su Ki,

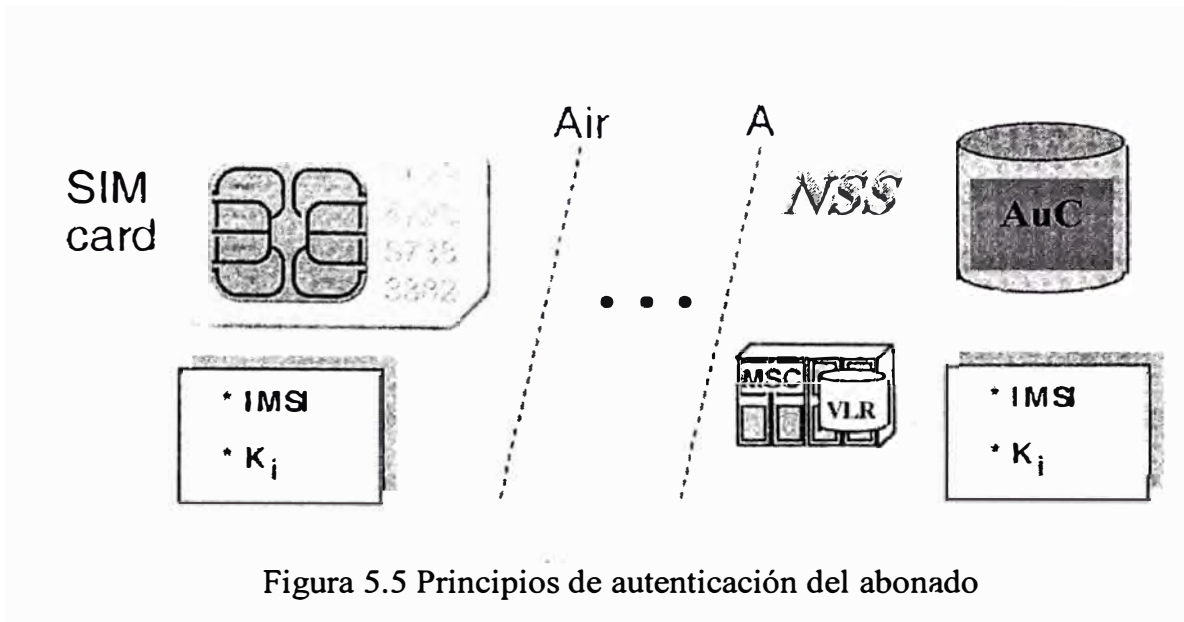


Figura 5.5 Principios de autenticación del abonado

esto iría en contra del principio de autenticación, porque los datos de identificación serían enviados a través de la interfaz aire. El secreto para evitar la situación anterior, es comparar el K_i almacenado en el móvil con el que se encuentra almacenado en la red, sin tener que transmitirlo sobre la interfaz aire. El K_i es procesado por un número aleatorio RAND con un algoritmo denominado A3 y el resultado de este proceso es enviado a la red. Debido al tipo de algoritmo A3, es muy fácil obtener el resultado a partir de un K_i y de un número aleatorio RAND, pero es prácticamente imposible conseguir el K_i a partir del resultado y del número aleatorio. Por ello a este algoritmo también se le conoce con el nombre de “one way”.

El proceso de autenticación siempre empieza por parte de la red. Cuando la red necesita autenticar a un móvil, el VLR dispone de parejas RAND, SRES. Si no dispone de estas parejas se la pediría al HLR, quien en caso de no tenerlas las solicitaría al AuC.

El centro de autenticación genera información que puede ser usada para todos los procedimientos de seguridad durante una transacción. Esta información es denominada una tripleta de autenticación.

La tripleta de autenticación consiste de tres números:

- RAND
- SRES
- Kc

RAND, es el Random Number o número aleatorio, el SRES (Signed Response) o respuesta firmada que se obtiene al aplicar el algoritmo A3 a la clave Ki y RAND, y Kc es una clave de cifrado que genera el algoritmo A8 a partir de ciertas fuentes de información.

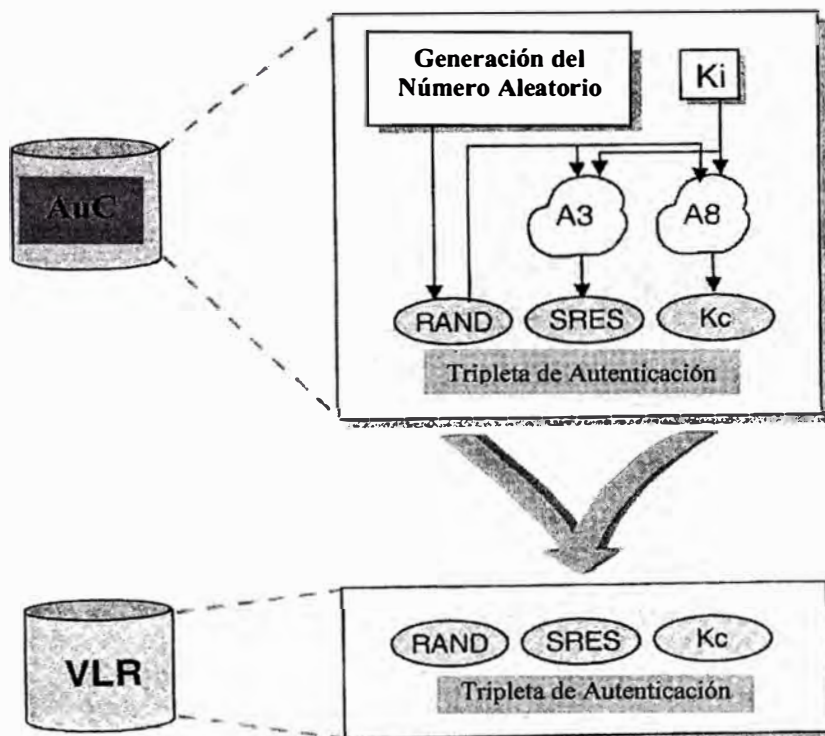


Figura 5.6 Tripleta de autenticación en el AuC y VLR

Todos los valores incluidos en la tripleta de autenticación dependen uno del otro, que es, cualquier RAND insertado al algoritmo con cualquier Ki siempre producirá un cierto SRES y un cierto Kc. Cuando el VLR tiene esta combinación de tres valores y es iniciada la autenticación del abonado móvil, el VLR envía el número aleatorio RAND a través del BSS a el SIM. Como el SIM tiene exactamente los

mismos algoritmos que se usan en la generación de tripletas en el lado de la red, el número RAND que el SIM recibe se inserta al algoritmo y debería producir exactamente el mismo valor SRES como fue generado en el lado red.

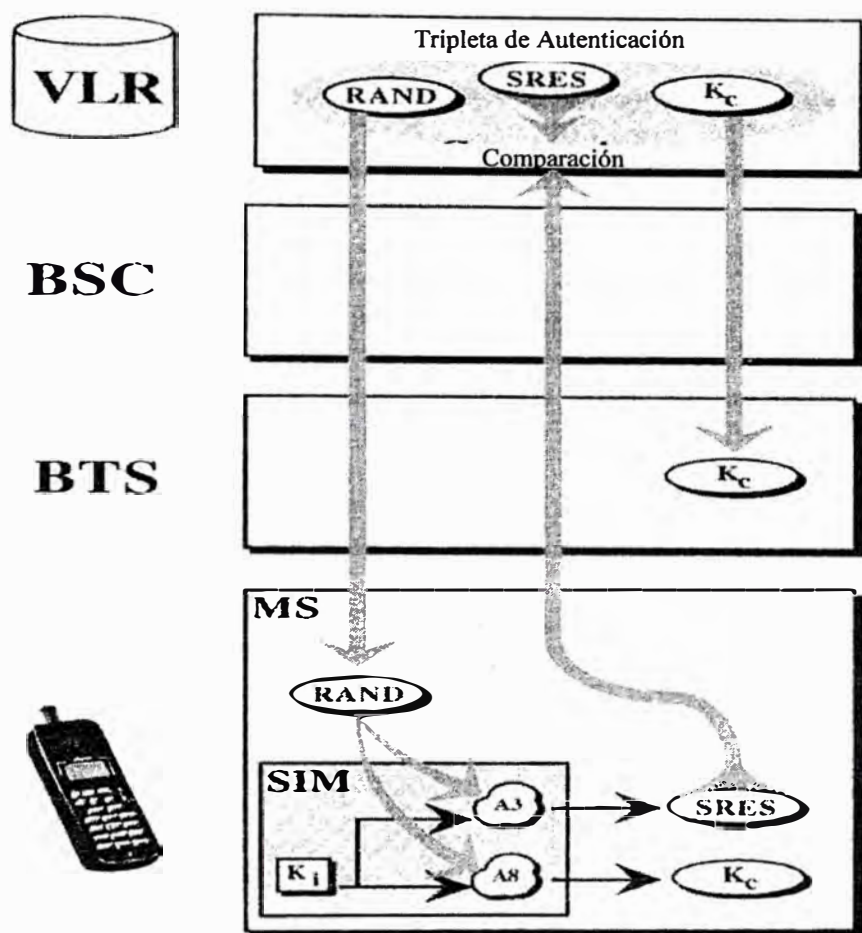


Figura 5.7 Procedimiento de autenticación

Si el valor SRES en la tripleta de autenticación es la misma que el SRES calculado y enviado a la estación móvil, el proceso de autenticación fue exitoso.

5.3.4. Cifrado

El cifrado no es un servicio extremo a extremo como la autenticación y la identificación. Tan solo actúa para proteger el información transmitida entre el móvil y la interfaz BSS, asegurando la confidencialidad de la información en la interfaz radio, tanto de tráfico como de señalización.

El método de cifrado se realiza bit a bit, es decir, lo que se trasmite por la interfaz radio es el resultado de aplicar el algoritmo A5 a la información que se requiere transmitir y a una secuencia de cifrado y se realiza a nivel de bit. En el proceso interviene la clave de cifrado K_c .

Una vez recibida la información se utiliza también el algoritmo A5 para descifrarla. Antes de cifrar, la red y el móvil deben ponerse de acuerdo sobre la clave K_c que van a utilizar.

La clave K_c , no se transmite de forma directa por la interfaz radio. Dentro de la red es el AuC quien la calcula utilizando RAND, K_i y el algoritmo A8 a la vez que calcula los parámetros necesarios para la autenticación. El móvil guardará la clave K_c en su SIM hasta que se actualice en la siguiente autenticación. El proceso se puede verificar en el gráfico de la figura 5.8

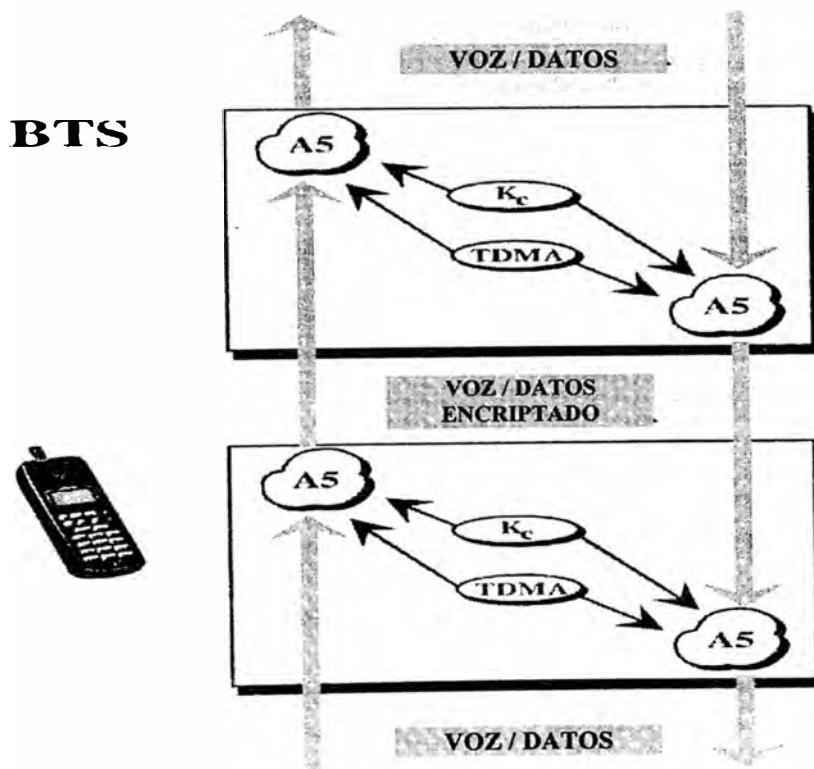


Figura 5.8 Proceso de Encriptado

CAPÍTULO VI SERVICIOS Y FACILIDADES QUE OFRECE LA RED GSM

6.1. Introducción

En un amplio sentido del concepto de servicio, cualquier acción del usuario que utiliza la facilidad proporcionada por el sistema GSM puede ser categorizada como un servicio. De allí que una persona que tiene acceso a un teléfono móvil GSM y desea hacer una llamada, esta tratando de acceder al servicio de voz proporcionado por el sistema.

6.2. Clasificación de los Servicios

El GSM es un sistema multiservicio que permite varios tipos de comunicación que puede ser distinguido por la naturaleza de la información transmitida. Generalmente, los servicios pueden ser agrupados como servicio de voz, donde los datos transmitidos es voz, y servicios de datos que cubre el resto de tipos de información tales como texto, facsímil, mensajes cortos, internet, etc.

No obstante, si una persona registrada como un abonado GSM compra un móvil, el tiene garantizado que al menos el servicio de voz siempre estará operativo al 100%.

Esto trae como consecuencia otro tipo de clasificación de servicios:

6.2.1. Servicios Básicos

Que son funciones individuales y pueden estar automáticamente disponibles e incluidos en los derechos básicos del abonado tan pronto como él se registre en la red GSM.

6.2.2. Servicios Suplementarios

Son servicios extras que no están incluidos en las características básicas, pero que están asociadas con los servicios básicos aumentando y/o añadiendo características extras a los servicios extras. Como ejemplo podemos tomar una persona que tiene una suscripción para dos servicios básicos, voz y fax grupo 3. Adicionalmente al servicio de fax, el abonado puede requerir un servicio suplementario de traslado de llamadas cuando el abonado no es localizado, de modo que sus llamadas serán trasladadas a otro destino.

Cuando un abonado solicita por mas de un servicio básico, el tendrá un diferente MSISDN para cada servicio básico. En el ejemplo anterior, el abonado tendrá que marcar un número diferente si quiere hablar por teléfono o enviar un fax.

Cuando los servicios son proporcionados como básicos o suplementarios, no es solamente importante saber que se transmite, sino también es importante saber como se realiza la transmisión. De modo que es importante una cuestión; saber si hay los suficientes recursos disponibles para soportar los servicios desde terminal a terminal. Puede ocurrir que el servicio solo este disponible en un solo lado terminal, pero del otro lado el usuario puede no tener acceso al servicio y de allí que este servicio no sería posible de realizar. Básicamente, hay tres puntos esenciales que deben estar completos antes que un servicio este disponible:

1. Si el abonado tiene acceso al servicio o no.
2. Si la red GSM desde donde el usuario esta recibiendo el servicio tiene los recursos necesarios o no?
3. Si el equipo del usuario es capaz de soportar el servicio o no?.

El segundo y tercer punto alcanza un interesante escenario, usando un servicio

que es proporcionado por la red y que es independiente del equipo terminal del usuario. Esto trae como consecuencia la clasificación estándar de los servicios descritos en las especificaciones técnicas del GSM 900, GSM 1800 y 1900. El primer grupo es el llamado de los Teleservicios, que provee de capacidad de comunicación total por medio de terminales y funciones de red proporcionados por centros dedicados. El otro grupo es el de los servicios portadores, el cual provee la capacidad de transmitir señales entre un punto de acceso de la red GSM y un punto apropiado de acceso en la red. Esto último permite solamente el uso de recursos de red.

6.3. Teleservicios

Los varios tipos de teleservicios proporcionados por la red GSM se resumen en la tabla adjunta.

Cuadro de Teleservicios

Descripción del servicio	Código de Especificación GSM	Características
Voz (Telefonía)	T11	El servicio mas importante para el sistema móvil, servicio normal de voz, incluye llamadas de emergencia
Voz, llamadas de emergencia	T12	Son posibles las llamadas de emergencia automáticamente.
Servicio de Mensajes cortos (Móvil Destino)	T21	Para la recepción de mensajes cortos.
Servicio de Mensajes cortos (Móvil Origina)	T22	Para enviar un mensaje corto a otro abonado GSM.
Servicio de Mensajes cortos (Celda emisora)	T23	Para la recepción de mensajes cortos emitidos.
Transmisión de facsímil grupo 3 (con alternancia de voz)	T61	No soportado por NOKIA.
Transmisión automática de facsímil grupo 3.	T62	Para enviar y recibir mensajes de fax.

Tabla 6.1 Teleservicios que se brindan en GSM

6.3.1. Voz (Telefonía) y Llamadas de Emergencia

Estos son los teleservicios mas comunes usados en la red GSM. Voz es también el servicio básico que cada abonado tiene garantizado.

La telefonía es un teleservicio ofrecido normal, llamadas de voz tradicional. Los procedimientos de seguridad normal aplican para tales llamadas, excepto para el uso de llamadas de emergencia que son procesadas sin tener en cuenta posibles violaciones de seguridad.

6.4. Servicios de Mensajes Cortos

El servicio de mensajes cortos (Short Message Service SMS) es un servicio habilitado para que el usuario pueda recibir y transmitir mensajes cortos (máximo 160 caracteres) de texto e imagen. Estos mensajes pueden ser recibidos en cualquier momento (también durante una conversación).

Este servicio requiere un equipamiento dedicado llamado Centro de Servicios de Mensajes Cortos, el cual puede estar ubicado en el Subsistema de Conmutación o fuera de la red GSM, pero siempre tiene conexiones de señalización con el MSC. El SMSC actúa como un centro almacenador y transmisor temporal si la estación móvil no es localizada. Ver figura 6.1.

En el caso que el móvil origine un SMS, el mensaje enviado por el móvil es almacenado en el SMSC, mientras que en el caso que el móvil sea el destino, el mensaje almacenado en el SMSC es transmitido a la estación móvil destino. En el caso de una celda emisora de SMS, la información es enviada a todas las estaciones dentro de una área geográfica pre-definida. Los servicios del SMSC no son requeridos en la celda emisora, ya que el BSC esta equipado con las funciones necesarias de SMSC. La máxima longitud del mensaje corto de una celda emisora es

93 caracteres. Ver figura 6.2.

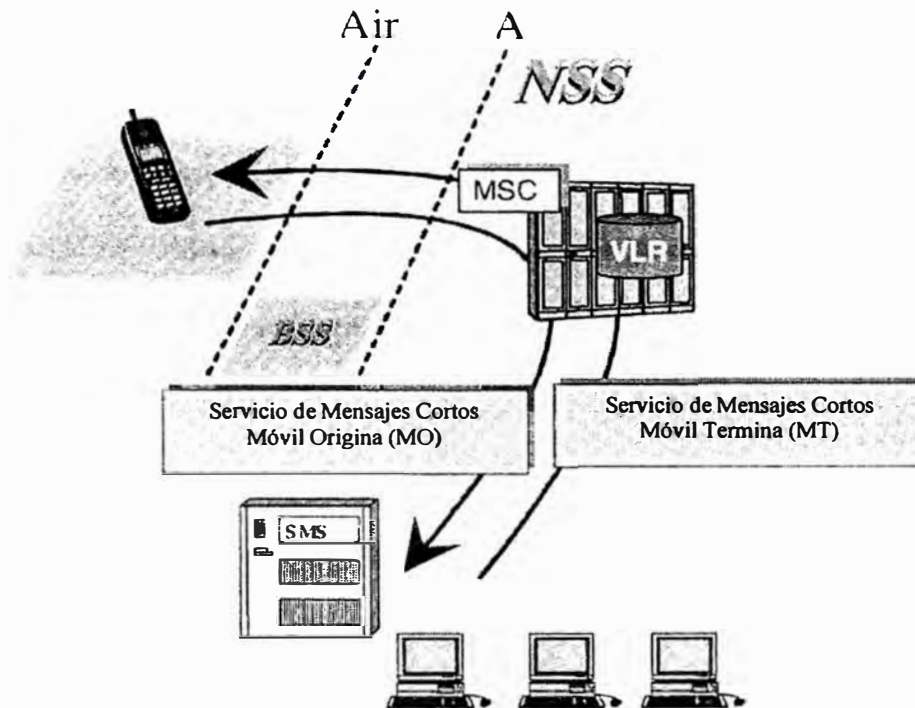


Figura 6.1 Servicios de mensajes cortos, móvil origina y termina

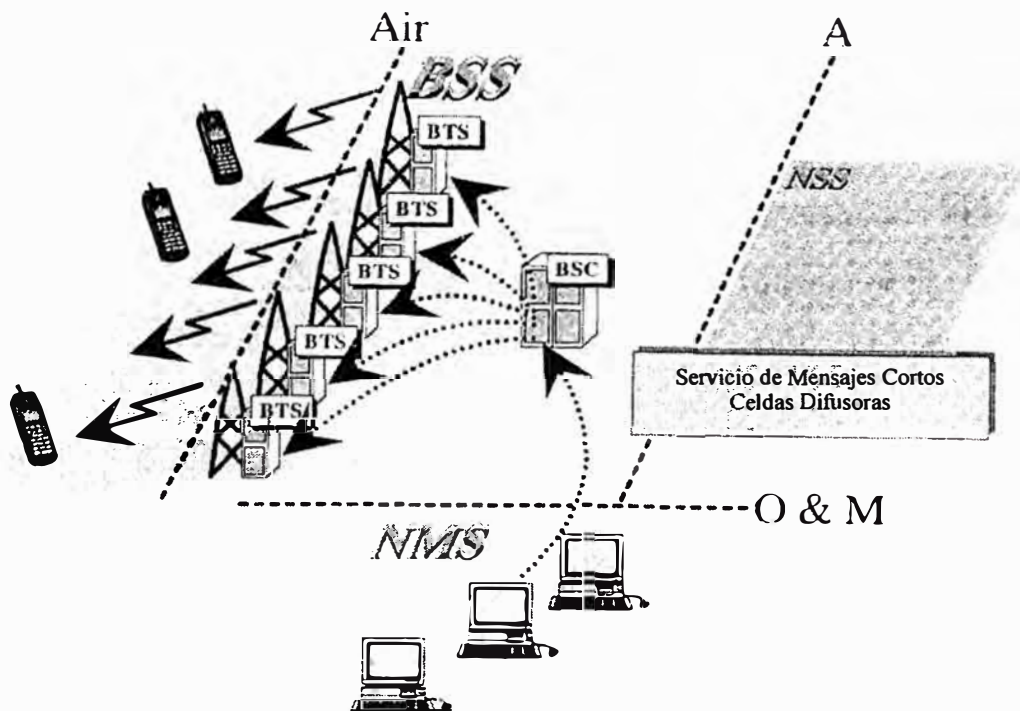


Figura 6.2 Servicios de mensajes cortos, celda difusora

6.5. Transmisión de Facsímil (T61 y T62)

La transmisión de fax es un teleservicio que fija requerimientos para los equipos terminales y su adaptación. Hay un caso predefinido con un fax modem. No obstante esto se usa para transmisión de datos; ha habido un suministro para el servicio portador de modo que define características del portador tales como velocidad de transmisión de datos y protocolo de corrección de errores en la interfaz aire.

En el caso de transmisión de fax T61, el receptor tampoco es informado que la llamada entrante es direccionada para un fax, de modo que el tiene que establecer la naturaleza de la llamada conversando primero con la parte llamante; ahora si el receptor sabe que es una llamada de fax, pero aun así quiere conversar con la parte llamante. En ambos casos, la naturaleza de la información transmitida es datos (grupo 3) y voz alternadamente (durante la misma llamada).

El T62 facsímil automático, es una servicio donde el receptor tiene un diferente MSISDN para el servicio de fax y todas las llamadas a este número son puramente llamadas de transmisión de datos.

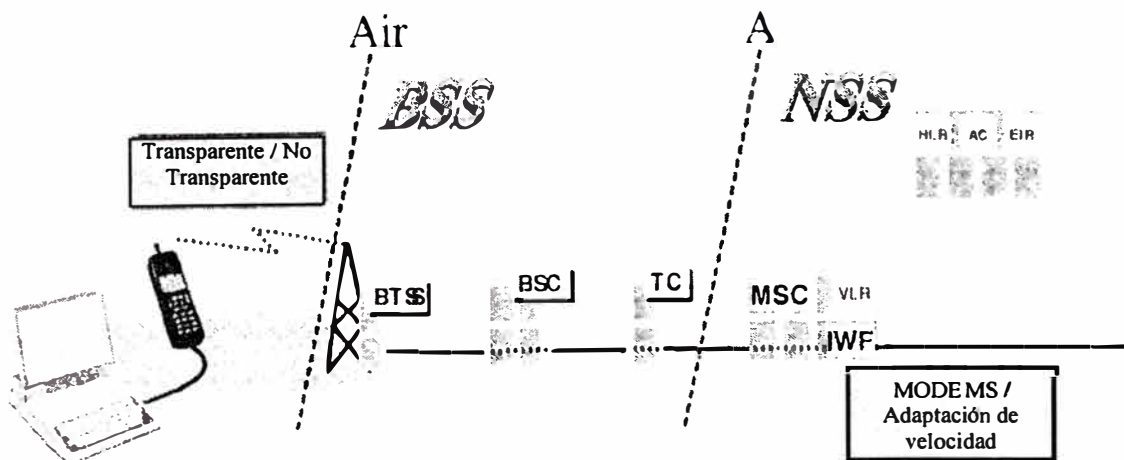


Figura 6.3 Transmisión de facsímil

6.6. Servicios Portadores:

El servicio portador soportado por el sistema GSM solamente proporciona la capacidad de transmitir señales entre los puntos de acceso de originación y terminación. No hay recomendaciones para los equipos terminales de usuarios. En la actualidad los servicios portadores se dividen en 10 categorías, cada uno de los cuales describe las características del portador. Cuatro de las categorías más importantes se describen a continuación:

6.6.1. Categorías de Servicio Portador

- A. Modo de circuito no estructurado con capacidad digital transparente sin restricciones.
- B. Modo de circuito no estructurado con capacidad digital no transparente sin restricciones.
- C. Servicio PAD.
- D. Servicio de Paquetes.

Los dos primeros tipos de servicio portador se usan para comunicaciones de datos en similar situación que en la PSTN y son esencialmente utilizados para comunicaciones de datos entre la red GSM y la PSTN. De allí que la red PSTN se designa para comunicaciones de voz con un ancho de banda de 3.1 KHz, los datos digitales tienen que ser modulados con una frecuencia de audio de modo que se habilite la vía de transición hacia la PSTN. Sin embargo, esto no es fácil de realizar en la red GSM por las características de la interfaz aire. Esta interfaz se basa en ciertas características de codificación de la voz que aseguran la mejor calidad con la más baja velocidad de transmisión posible, por ejemplo 13 kbps, el cual lo hace incompatible para señales de modem. Dentro de la red GSM, la señal digital pasa a

través de un modem que hace la señal mas compatible para el direccionamiento de los equipos en la PSTN. Alternativamente, las señales de modem que vienen de la PSTN será demodulada en señales digitales en la red GSM y los datos digitales serán trasladados al usuario móvil. Los módems se ubican en el MSC.

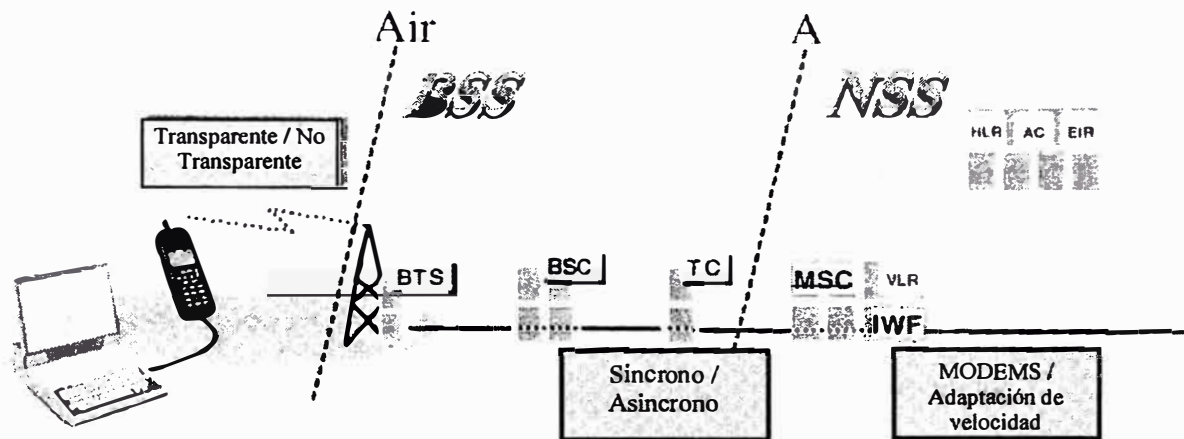


Figura 6.4 Servicio de datos en GSM

Llega a ser necesario caracterizar los portadores. Los términos transparente y no transparente identifican si una segunda capa del protocolo de corrección de errores se emplea en la interfaz aire o no. Un servicio no transparente emplea retransmisión en caso de errores mientras los servicios transparentes no lo emplean.

Los dos últimos tipos de servicio de datos se refieren al acceso a la red pública de datos de conmutación de paquetes (PSPDN). Estos son los propósitos generales de las redes de datos que usan la técnica de transmisión de paquetes comúnmente entre computadoras, opuesto a la técnica convencional de conmutación de circuitos. La información es enviada en paquetes a lo largo de cualquier ruta que este disponible. En el terminal de recepción, estos paquetes se reensamblan en un orden secuencial y la información original es recreada.

Se puede acceder a una PSPDN en varias maneras y algunas de las soluciones mas comunes son:

- I. Una conexión directa X.25 de la PSPDN hacia el usuario.
- II. A través de la red PSTN o ISDN usando un Ensamblador / Desensamblador de Paquetes PAD. El usuario es conectado a la red intermedia (también PSTN o ISDN) y el PAD de esta red ensamblará y desensamblará los datos de usuario hacia y desde paquetes enviados / recibidos para y desde la PSPDN.
- III. A través de la ISDN, la cual tiene la capacidad de enviar y recibir paquetes de datos sin el servicio PAD.

Así el usuario GSM puede utilizar cualquier método disponible para él, tal como se muestra en la figura 6.5.

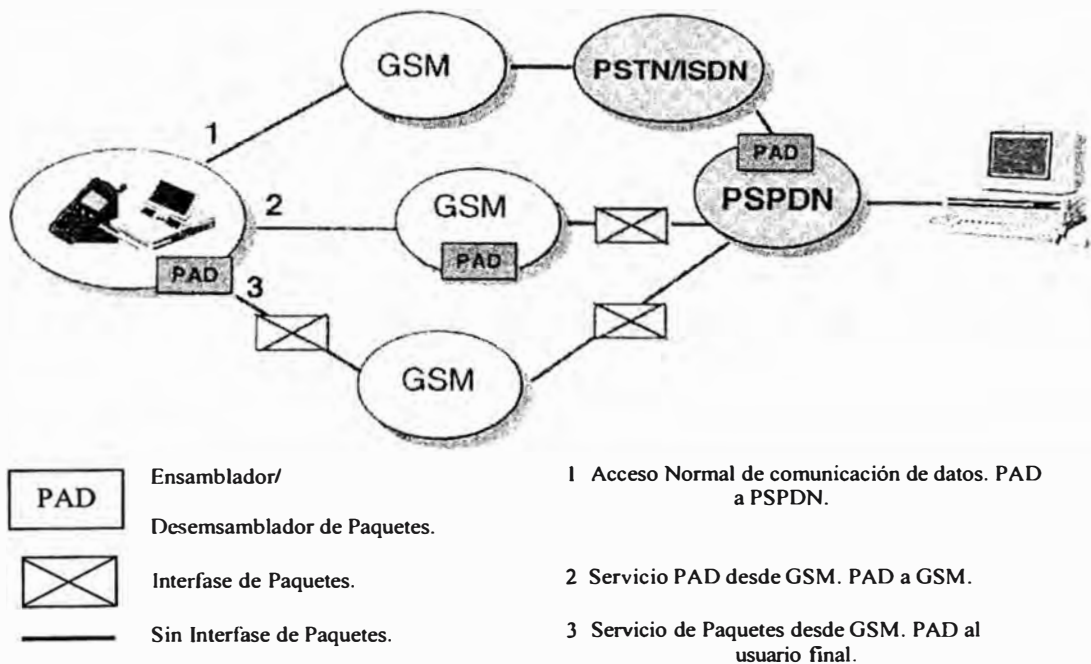


Figura 6.5 Métodos para la transmisión de paquetes

En estos momentos es posible alcanzar conexiones de datos a 14.4 kbps gracias a una nueva codificación de canal. También es posible usar más de un canal de tráfico en la interfaz aire para alcanzar aun velocidades mayores en la transferencia de datos.

6.7. Servicios Suplementarios

Los servicios suplementarios mejoran o complementan los servicios básicos de telecomunicaciones. Los mismos servicios suplementarios pueden o no emplearse por un número diferente de servicios básicos tales como telefonía o servicio automático de facsímil T62. La siguiente lista cubre los servicios mas comunes, también como los servicios suplementarios esenciales.

- Aviso de carga.
- Servicio de línea alterna personal o ejecutiva.
- Restricción de llamadas entrantes.
- Restricción de todas las llamadas entrantes cuando el roaming sale del HPLMN. Home PLMN.
- Restricción de llamadas cuando viajan.
- Restricción de llamadas salientes.
- Restricción de llamadas salientes internacionales.
- Restricción de llamadas salientes internacionales excluyendo las dirigidas al HPLMN del país.
- Desvío de llamadas cuando el abonado esta ocupado.
- Desvío de llamadas cuando no responde.
- Desvío de llamadas incondicional.
- Retención de llamadas.
- Llamada en espera.
- Presentación de la identidad de la línea llamante.
- Restricción de la identidad de la línea llamante.
- Servicio Centrex.

- Grupo de usuarios cerrado.
- Conferencia.
- Transferencia explícita de llamada.
- Restricción de operador.

6.8. Nuevos Servicios y Nuevas Tecnologías

En el futuro cercano, nuevas demandas en los sistemas celulares de personas y negocios cambiarán el modo de trabajar. El acceso a internet será bastante importante y los ejecutivos querrán acceder a bases de datos corporativas desde cualquier lugar donde se encuentren. Serán requeridos nuevos servicios adicionalmente a los servicios de voz y datos convencional que ya se dispone en la red GSM; por ello, los operadores ofrecerán video y otras aplicaciones multimedia, nuevos equipos móviles mas avanzados serán requeridos para manejar cantidad de datos a muy alta velocidad en lo que se conoce como 3ra generación.

El sistema GSM evolucionará progresivamente hacia el UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) introduciendo nuevas técnicas y servicios para proporcionar mayor ancho de banda. Estos pasos son:

1. 1.- High Speed Circuit Switched Data (HSCSD).
2. 2.- General Packet Radio Services (GPRS).
3. 3.- Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE).

6.8.1. Alta Velocidad de Datos por Conmutación de Circuitos (High Speed Circuit Switched Data HSCSD)

El HSCSD es un perfeccionamiento del servicios de datos (" Datos por conmutación de Circuitos" - CSD) en todas las redes GSM actuales. Esto permite acceder a servicios no vocales 3 veces más rápido, permitiendo a los subscriptores

enviar y recibir datos desde sus computadoras portátiles a una velocidad de hasta 28.8 kbps; esto está siendo mejorado actualmente en muchas redes para lograr velocidades hasta 57.6 kbps.

La solución de HSCSD permite más altas velocidades por el uso de canales múltiples, se utiliza una combinación de cuatro timeslot TDMA, permitiéndoles a los suscriptores disfrutar de velocidades más rápidas para su acceso a Internet, e-mail, calendario y servicios de transferencia de archivos.

HSCSD se ofrece a suscriptores que usan cualquier terminal de voz que soporte la característica de alta velocidad, o para quienes tiene una tarjeta especial PCMCIA de computadora portátil, con una construcción para soportar llamadas en GSM que convierte a la computadoras y otros dispositivos portátiles, en una oficina móvil de gran velocidad con la habilidad de hacer llamadas utilizando manos libre, así como la transferencia veloz de datos.

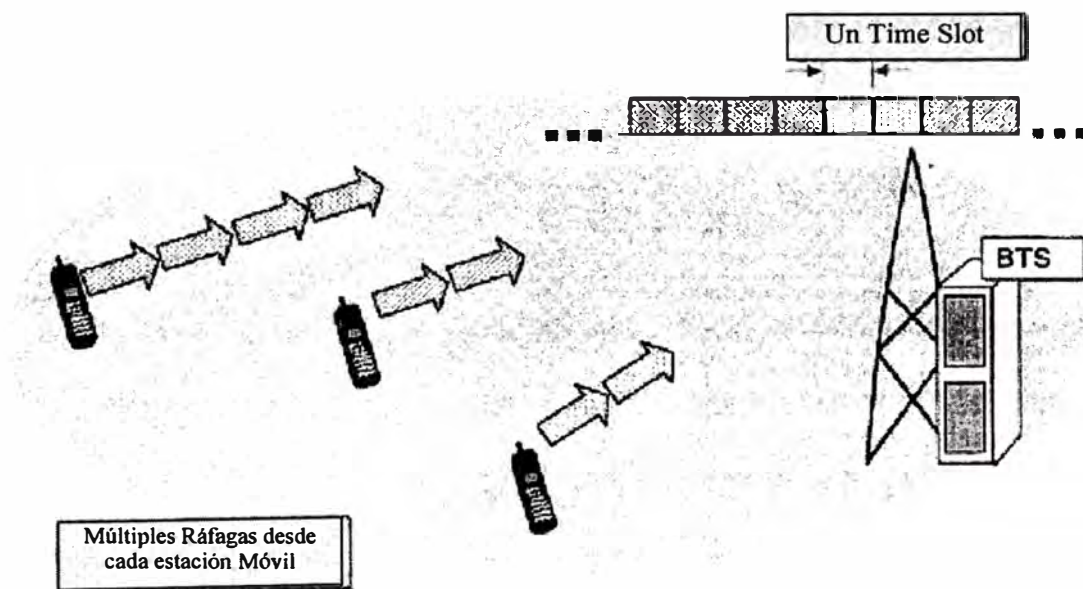


Figura 6.6 Transmisión de datos de alta velocidad HSCSD

El servicio de HSCSD es particularmente valioso para clientes que desean acceder a Internet, o a la Intranet de su oficina, acceder a su correo, o archivos desde

cualquier parte. El servicio permite a un suscriptor que está fuera de oficina, o quién viaja al extranjero a uno de los países en los que el roaming HSCSD está disponible, conectar a un ISP local, o directamente a la oficina de uno, usando su equipo celular en lugar de una línea fija a una mayor velocidad en la transmisión.

6.8.2. Servicio General de Radio Paquetes (General Packet Radio Service-GPRS)

El GPRS es diferente a los servicios de datos GSM comunes. Primero, permite a los usuarios estar conectados constantemente a la red todo el tiempo, sin necesidad de conectarse cada vez que se quiera transmitir datos como se hace normalmente. Segundo, GPRS permite al usuario transferir toda la información que el desee por el mismo costo.

Con la alta velocidad de transmisión provista por GPRS, los usuarios finales podrán bajar archivos mucho mas rápido, las aplicaciones que antes no eran posibles, ahora si se podrán realizar, y muchos nuevas facilidades se incrementarán con este nuevo servicio de datos.

6.8.3. Evolución Global mejorada de la velocidad de datos (Enhanced Data rates for Global Evolution – EDGE)

EDGE proporcionará un puente a GSM para la tercera generación de redes móviles. Edge puede ser muy flexible permitiendo múltiples servicios al mismo tiempo, por ejemplo una llamada en un time slot y navegar por internet en otros dos time slots.

La diferencia fundamental entre GSM/GPRS y EDGE es que EDGE utiliza una modulación 8-PSK, comparada con la GMSK utilizada actualmente en GSM y GPRS. Gracias a esto, la velocidad de bits se incrementa tres veces. EDGE tendrá

velocidades de hasta 473 kbps por TRX.

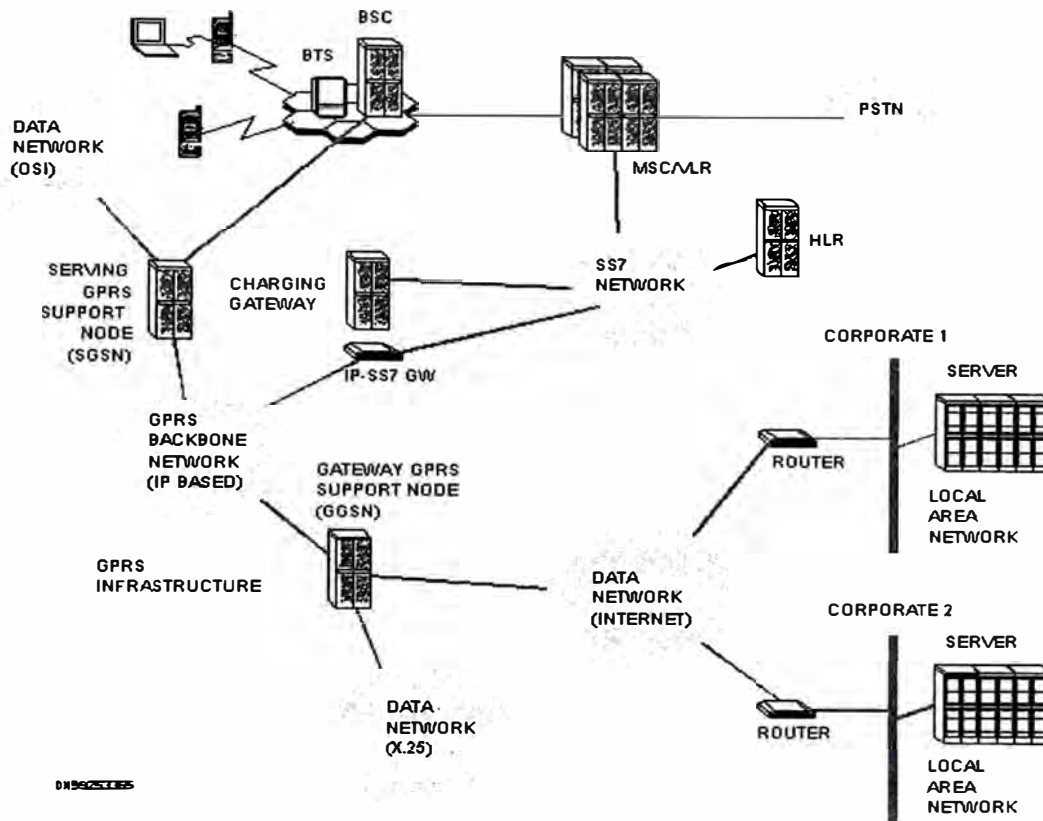


Figura 6.7 Posible configuración de una estructura de comunicaciones en EDGE

EDGE proporcionará a la red GSM, manejar servicios multimedia inalámbrico tales como Internet / Intranet, videoconferencia y transferencia veloz de correo electrónico. Uno de los atractivos principales de la tecnología EDGE, es que requiere menores cambios en la red tanto en hardware y software y puede ser introducido en una red existente utilizando la misma banda de frecuencias.

CAPÍTULO VII DESCRIPCIÓN DE LA RED GSM EN EL PERÚ

7.1. Proceso de Adjudicación de la Banda de 1900 MHz.

Actualmente el Perú tiene dos operadores de servicios celulares trabajando en la banda de los 800MHz, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones a través de su política de adjudicaciones, el 8 de mayo del 2000, otorgó la concesión de la Banda de 1900 MHz a la empresa Telecom Italia Mobile TIM, para ser el tercer operador de telefonía móvil en el PERÚ. Se dio inicio de esta forma al proyecto concebido por TIM para implementar la primera red GSM en nuestro país.

La Banda adjudicada a TIM es la que se encuentra en el rango de los 1850 a 1990 MHz, que ha sido designada para ser utilizada por servicios PCS, específicamente los segmentos A-A' que están comprendidos entre: 1850 a 1865MHz segmento A, y 1930 y 1945MHz, segmento A'. Veamos como se distribuyen las frecuencias para PCS en el Perú.

7.2. TIM y las Telecomunicaciones

TIM es Telecom Italia Mobile, una empresa dedicada a la Telefonía móvil que es la número 1 en Europa y la cuarta a nivel mundial con aproximadamente 45 millones de clientes. Nació en 1990, como división radiomóvil de Telecom Italia pero en Julio de 1995 tomó un carácter independiente para convertirse en lo que es actualmente, una empresa que cuenta con 17 operadores en todo el mundo y continúa incursionando, de acuerdo a sus necesidades de expansión, en mercados con gran potencial de crecimiento futuro, como los países de la región Latinoamericana y la

cuenca del Mediterráneo.

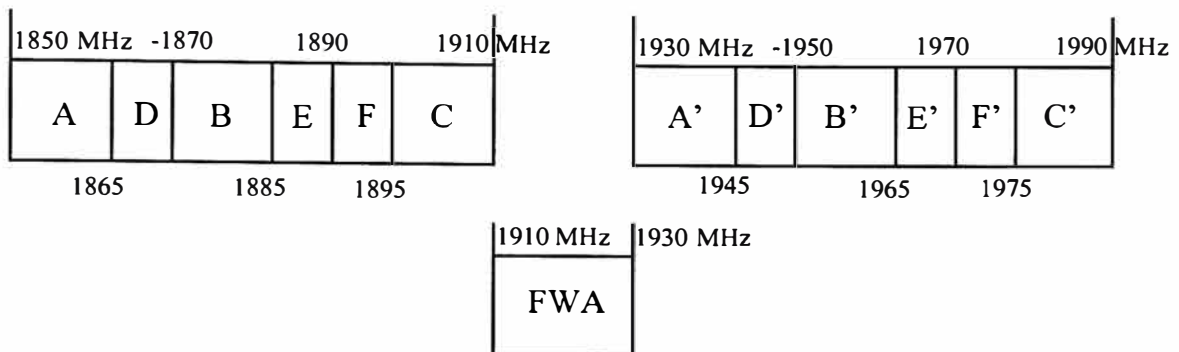


Figura 7.1 Distribución de frecuencias en la banda PCS

En la zona latinoamericana TIM brinda exitosamente sus servicios en países como Argentina (Personal), Bolivia (Entel Móvil), Brasil (Maxitel, Tele Nordeste y Tele Celular Sur), Chile (ENTEL PCS), Paraguay (PCS) y Venezuela (Digitel). Actualmente están en estudio otras posibles adquisiciones.

En el caso del Perú, TIM hace una inversión inicial de 250 millones de dólares el primer año y obtiene la licencia PCS de 1900 MHz para ofrecer la tecnología GSM(Global System for Mobile Communication), la de mayor aceptación en el mundo. Oficialmente la Red GSM en el Peru comenzó a funcionar a partir del 25 de Enero del 2001.

El Grupo Telecom Italia, al cual pertenece TIM, es uno de los mayores operadores mundiales de telecomunicaciones, con un equipo de mas de 125 mil empleados.

Las actividades del grupo atienden a una extensa gama de telecomunicaciones (telefonía fija, móvil, internet) y se extienden con una presencia particularmente significativa en Europa y América Latina, donde Telecom Italia controla entre 10% y 15% del tráfico telefónico, al final de marzo del 2000 contaba con 26,6 millones de líneas fijas en Italia.

7.3. Implementación de la Red GSM

En los temas anteriormente tratados, hemos mostrado la red GSM y algunos conceptos en detalle. Estos conceptos e ideas son genéricos y basados en el estándar de GSM definido por la ETSI. Todas las redes GSM funcionan de la misma manera tal como se ha explicado en los capítulos anteriores. Sin embargo la implementación de las redes, varía dependiendo del proveedor de los equipos, al final los resultados serán los mismos según lo especificado en las normas y estándares, pero la diferencia devendrá en la implementación de los equipos. Ahora nos toca ver como se ha implementado la red GSM en el Perú, para ello se describirá la arquitectura de los equipos NOKIA quienes han instalado la 1era red GSM con equipos de última generación.

7.3.1. Arquitectura de RED

La figura 7.2 nos presenta una estructura GSM en donde se han utilizado plataformas DX 200, que han sido implementados en todos los elementos de red tales como BSC, MSC, TCSM, VLR, HLR, AuC y en el EIR., así mismo se puede apreciar que diferentes elementos de red GSM se han integrado dentro de un sistema DX 200. La primera integración se ha hecho en el MSC/VLR, según las recomendaciones para GSM estas entidades deberían funcionar separadamente cada una, pero debido a la abundante señalización que manejan ambas entidades, sería bastante trabajoso y requeriría demasiados recursos de la red, por lo que se ha creído conveniente integrarlos en un solo elemento.

Otra integración que se hace es la del DX 200 HLR/AuC/EIR. Estos tres elementos son básicamente bases de datos que mantienen varios tipos de información. El HLR conserva los datos del abonado, el EIR almacena los datos de los equipos

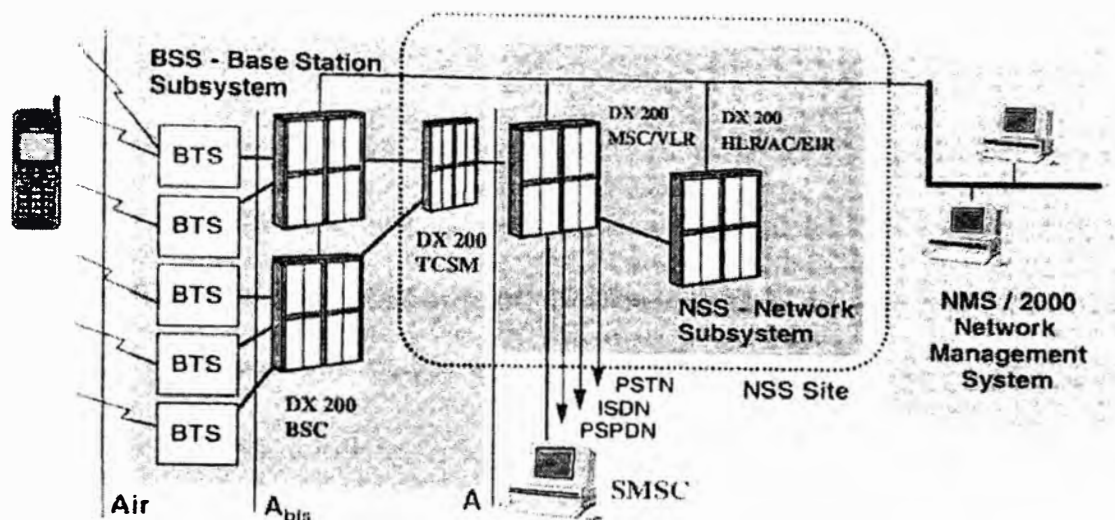


Figura 7.2 Implementación Nokia de una red GSM

mientras que el AuC almacena los datos de autenticación, en la tecnología de NOKIA estos tres elementos se encuentran integrados en un solo elemento y que forman el DX200 HLR.

7.3.2. La Plataforma DX 200

Los centros de conmutación han sufrido muchos cambios, además es sabido que estos requieren de poderosos procesadores quienes se encargan de realizar todos los procesos y tareas propias de la red, así para un solo procesador sería bastante duro y difícil realizar estas tareas con la exigencia que esto implica, además de lo costoso que sería tener uno de estos procesadores, por ello si las tareas son distribuidas en diferentes computadores o CPUs, éstas serían mas fáciles de realizar; así es como NOKIA implementa sus equipos de conmutación. Todas las diferentes tareas de conmutación e intercambio, son distribuidas en diferentes unidades funcionales, que tienen un procesador en su interior. Puesto que estas unidades tienen que comunicarse unas con otras, es necesario establecer un bus de comunicación. En la figura 7.3

adjunta se aprecia un esquema de la arquitectura distribuida de la Plataforma DX utilizada por Nokia.

Este tipo de arquitectura tiene amplias ventajas que hacen posible la realización de una plataforma que permite implementar sistemas altamente confiables.

Los Procesos Distribuidos, hacen posible que las tareas de localizar y resolver problemas sea mucho mas fácil y rápido. La modularidad es otra de las ventajas que presenta, el sistema funciona con las unidades que requiere y necesita, pudiendo crecer posteriormente si así lo requiere el sistema, evitando se tenga que adquirir piezas por separado. Así mismo si una unidad que realiza ciertas tareas no se abastece, únicamente será necesario instalar una unidad del mismo tipo para resolver el problema.

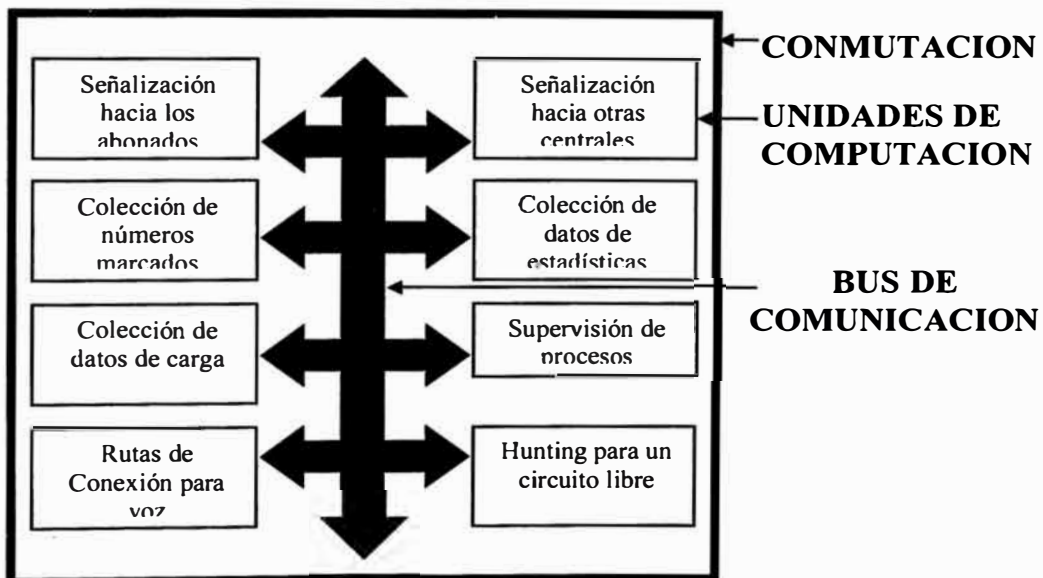


Figura 7.3 Estructura distribuida de la plataforma Nokia DX

Confiabilidad, es otra de las características importantes. Para una unidad funcional, dependiendo de su vulnerabilidad a disturbios, se instalan unidades en redundancia así como unidades libres. Estas son llamadas la redundancia 2N y N+1.

Basada en esta plataforma, Nokia ha construido diferentes tipos de centros de conmutación. El DX 200 es la plataforma usada para elementos de GSM, tales como BSC, MSC/VLR y HLR/AuC/EIR.

7.4. Arquitectura DX 200 MSC/VLR

El DX 200 MSC/VLR consiste de un número de unidades funcionales, cada una de ellas con su procesador principal y respaldo respectivo y con la capacidad de realizar un gran número de tareas. Estas unidades funcionales tienen tareas independientes, y utilizan un bus de mensajes común cuando necesitan comunicarse. El MSC está integrado con el VLR y la comunicación entre ambas entidades es enteramente señalización interna. El MSC también tiene funciones de gateway, esto significa que tiene interfaz para otras redes externas fuera de la PLMN GSM.

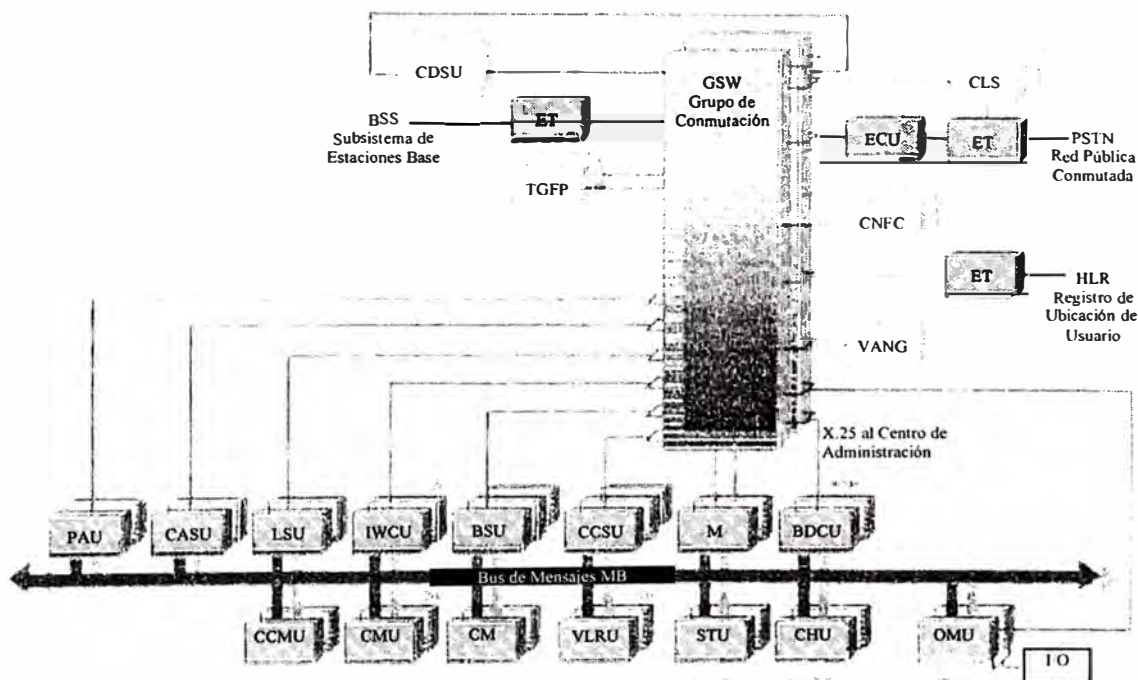


Figura 7.4 Diagrama de bloques de un MSC/VLR DX 200 de Nokia

El máximo número de abonados bajo un sistema DX 200 MSC es de 150,000 a 400,000, pudiendo manejar hasta 16,700 Erlangs. Ver Figura 7.4.

7.4.1. Unidades Funcionales en el MSC/VLR

El DX 200 MSC/VLR es el elemento con mayor número de unidades funcionales dentro de la red GSM. Se describe a continuación algunas de ellas de acuerdo a su función.

7.4.2. Unidad de Señalización

Se tienen 6 tipos diferentes de unidades de señalización. El CCSU, la unidad de señalización de canal común, que maneja señalización de troncales (SS7) hacia el HLR, hacia otros MSCs y hacia la PSTN y además es responsable por el control del tráfico de la llamadas originadas. Otro tipo de señalización es el BSU, Unidad de señalización de las estaciones base, la cual cuida la señalización SS7 hacia el BSC y por el control de las llamadas originadas por los móviles. El CCMU, Unidad de administración de señalización de canal común, maneja las funciones centralizadas del sistema de señalización SS7, es solamente utilizado en grandes centrales. En pequeñas centrales las funciones CCMU son realizadas por el CM y el STU. Para MSCs que aun están conectadas a redes con señalización R2 existe el CASU que realiza dicha señalización. El PAU, Unidad de Acceso Primario, maneja señalización DPNSS hacia las PBXs y el LSU Unidad de señalización de línea, la maquina de anuncios. Una unidad especial es el IWCU, Unidad de control Inter Working), la cual controla la unidad compacta de servicios de datos (CDSU), cancelador de eco y otras unidades funcionales de interworking.

7.4.3. Unidades Relacionadas a la Conmutación

El GSW, Group Switch, es la matriz de conmutación. La función básica del MSC es la conmutación de llamadas. Esto es implementado por una matriz de conmutación donde cada entrada es capaz de ser conmutada a cualquier salida. El

Marcador, controla y supervisa el GSW. Hay otras tres unidades que trabajan juntas con el GSW. Una de ellas es el DTMFG, Generador dual de multifrecuencias, para generar señales DTMF cuando sea requerido. El siguiente es el TG, generador de tonos, el cual es responsable por generar varios tipos de tonos, tales como tono de marcado, tono de ocupado, tono de información, etc. Las funciones del TG y el DTMFG se combinan en el TGFP, campo programable generador de tonos. La tercera unidad es el CNFC, circuitos de conferencia, usado para transmitir conferencia multi-parte.

7.4.4. Unidades de Estadísticas y Bases de datos

Una de las unidades mas importantes en el MSC es el VLRU, esta es la versión de Nokia para el VLR. El CMU, Unidad de administración celular, controla y supervisa la red celular y handover. El STU se encarga de los datos de estadísticas. Para una central con bajo tráfico, el STU puede manejar datos de carga, pero para centrales mas grandes que manejan alto tráfico, se necesita el CHU, unidad de carga.

7.4.5. Unidad de Datos Relacionados e Interfaces Externas

La unidad con la cual el operador puede hacer las tareas de operación y mantenimiento se llama OMU. Este es el enlace entre el MSC y el usuario. Esta monitorea continuamente la central y corre procedimientos de recuperación si ocurre algún error. El BDCU, unidad de comunicación de datos básica, contiene todos los enlaces de comunicación a la red O&M, tales como red de paquetes X.25 y/o time slot de enlaces PCM, así como el centro de cobro. Para datos de abonados, se tienen los servicios de datos comunes, ellos contienen módems para servicios de comunicación de datos hacia la PSTN. El ET, terminal de intercambio, es la unidad que maneja los circuitos de 2 Mbps.

7.4.6. Otras Unidades

El CM, memoria central, es uno de los mas importantes unidades. Es la RAM para la central, que almacena el software del sistema y también mantiene una copia de todos los datos de software específicos para la central. El CLSU, unidad de reloj y sincronización, que es responsable por la generación y sincronización de señales para diferentes unidades así como también para otros elementos tales como el BSC y el HLR. El VANG, generador de anuncios verbal, es usado para grabar anuncios. El MB, bus de mensajes, es el bus de mensajes duplicado para enviar y recibir mensajes DX entre diferentes unidades funcionales.

7.5. DX 200 HLR/AuC/EIR

Una vez entendida la arquitectura del DX 200 MSC/VLR, resulta mas fácil entender los otros elementos DX 200, por tener la misma arquitectura y la presencia de unidades similares en todos los elementos. La arquitectura del DX 200 HLR, se muestra en la figura 7.5 adjunta.

El máximo número de abonados que se puede crear en un sistema DX 200 HLR es de 300,000 y en un sistema DX 200 HLRi es de 1'200,000.

7.5.1. Unidades Funcionales en el HLR

Comparados con el MSC, en el HLR existe solamente una unidad de señalización, esto se debe a que el tráfico del abonado, no viene hacia el HLR. El resto de unidades y sus funciones son exactamente iguales que en el MSC, sin embargo, existen tres unidades adicionales diferentes en el HLR que no existen en el

MSC, estas son las llamadas Unidades de Base de Datos Relacionadas. El HLRU (Homo Location Register Unit) es responsable por el manejo de los datos de cada abonado así como de su ubicación. La Unidad de Autenticación (AuC) es

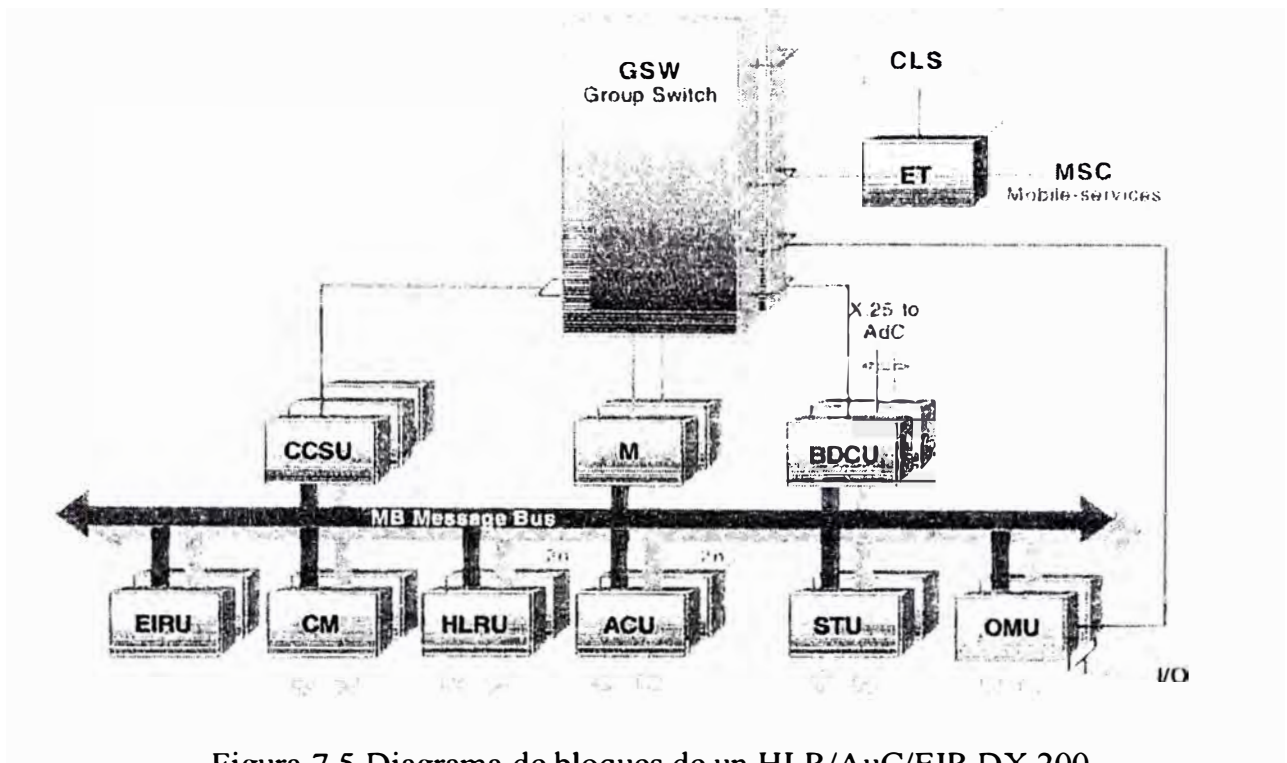


Figura 7.5 Diagrama de bloques de un HLR/AuC/EIR DX 200

responsable por la administración de la autenticación de los datos de abonado. Este genera una tripleta de autenticación y los envía al VLR, y finalmente el EIRU (Equipment Identification Register Unit) maneja la identidad del equipo y su validación.

7.6. DX 200 BSC

El Controlador de Estaciones Base DX 200 de Nokia, se basa en la misma plataforma de conmutación sobre la cual se ha diseñado el MSC y el HLR. Pero existe una diferencia fundamental en el hardware de una unidad en particular, esta es el grupo de conmutación (group switch). El grupo de conmutación que se usa en el MSC, es capaz de conmutar un canal PCM de 8 bits en un mismo tiempo solamente. Esto es, un canal PCM de 8 bits puede ser conmutado desde cualquier cable hacia cualquier canal. El grupo de conmutación usado en el BSC, el GSWB, es capaz de conmutar 1 bit desde un canal PCM y conmutarlo a cualquier otra posición en

cualquier otro canal de cualquier otro cable PCM. Esto lo hace muy conveniente para conmutar voz transcodificada, la cual esta a una velocidad de 13 Kbps.

La capacidad de un BSC DX 200 es hasta 128 BTSs y 256 TRXs, mientras que en un DX 200 BSCi la capacidad es de 248 BTSs y 512 TRXs, que es la que actualmente se ha implementado en la red GSM en Perú.

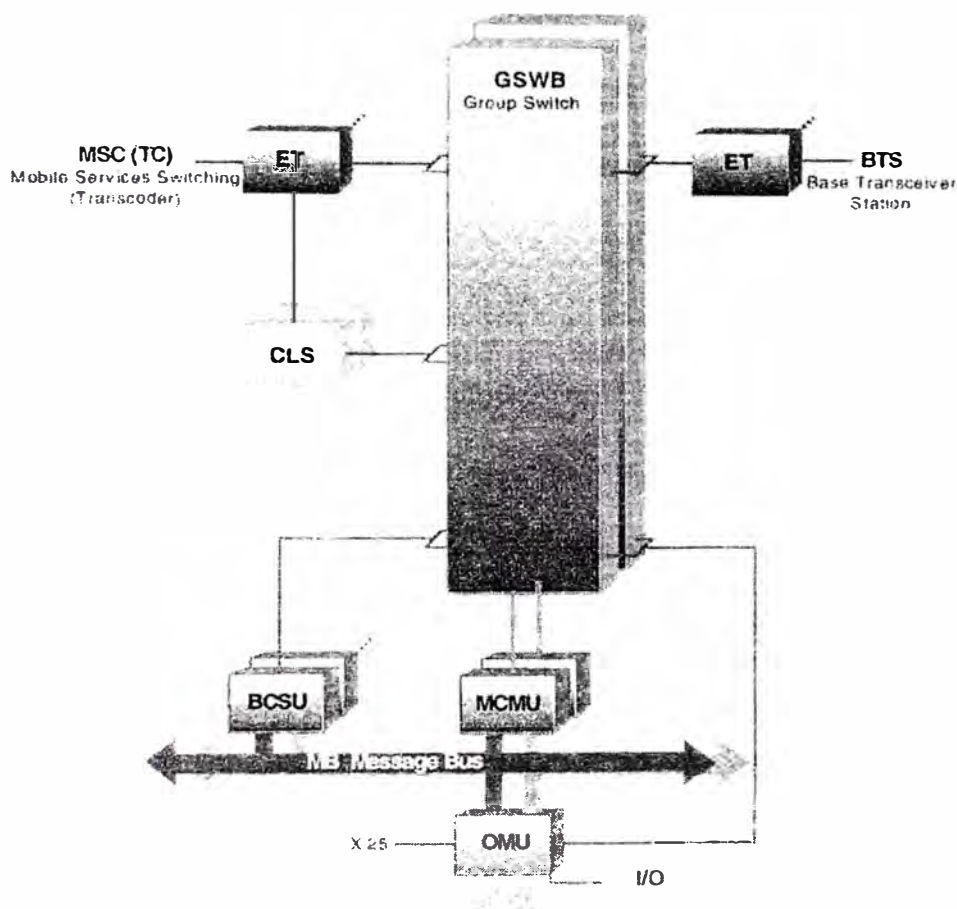


Figura 7.6 Arquitectura de un BSC DX 200

7.6.1. Unidades Funcionales en el DX 200 BSC

Aparte del funcionamiento diferente del grupo de conmutación mencionado anteriormente, las otras unidades trabajan de la misma forma que en el MSC y en el HLR. No todas las unidades que se presentaron en el MSC se repiten en el BSC, debido a la diferente funcionalidad de los elementos de red. La función del grupo de

conmutación es mucho mas reducida que en el MSC; para pequeños grupos de conmutación no es necesario tener un marcador dedicado para controlar grupo de conmutación. De esta forma en el BSC se combinan el marcador y la unidad de administración celular para formar el MCMU (Marker and Cellular Management Unit), Este marcador controla y supervisa al GSW. La unidad de manejo celular se responsabiliza por las celdas y por los canales de radio, maneja la configuración de la red celular. También tiene solamente una unidad de señalización, llamado el BCSU (Base Station Signalling Unit), la cual maneja la señalización SS7 entre el MSC y el BSC así como la señalización LAP-D entre el BSC y las BTSs. Ver figura 7.6.

7.7. Nokia NMS/2000

El Sistema de Administración de la Red (Network Management System NMS) es un conjunto de herramientas para realizar o llevar a cabo la operación y mantenimiento de la red GSM, en el caso del Perú, se ha instalado un sistema NMS/2000 para llevar a cabo dichas funciones de mantenimiento de todos los elementos de la red. Siguiendo las especificaciones GSM y los principios del TMN (Telecommunications Management Network) definidos en las recomendaciones ITU-T, los datos de la red GSM son transferidos al sistema NMS/2000 vía un router y una red de comunicación de datos DCN (Data Communications Network), tal como se ve en la figura 7.7.

Los servidores están compuestos por un **servidor de comunicaciones**, que lleva a cabo los datos entre los elementos de red y el NMS/2000; **servidores de bases de datos**, que son bases de datos relacionales en ORACLE para almacenar datos de administración de la red y también se tienen **servidores en standby**.

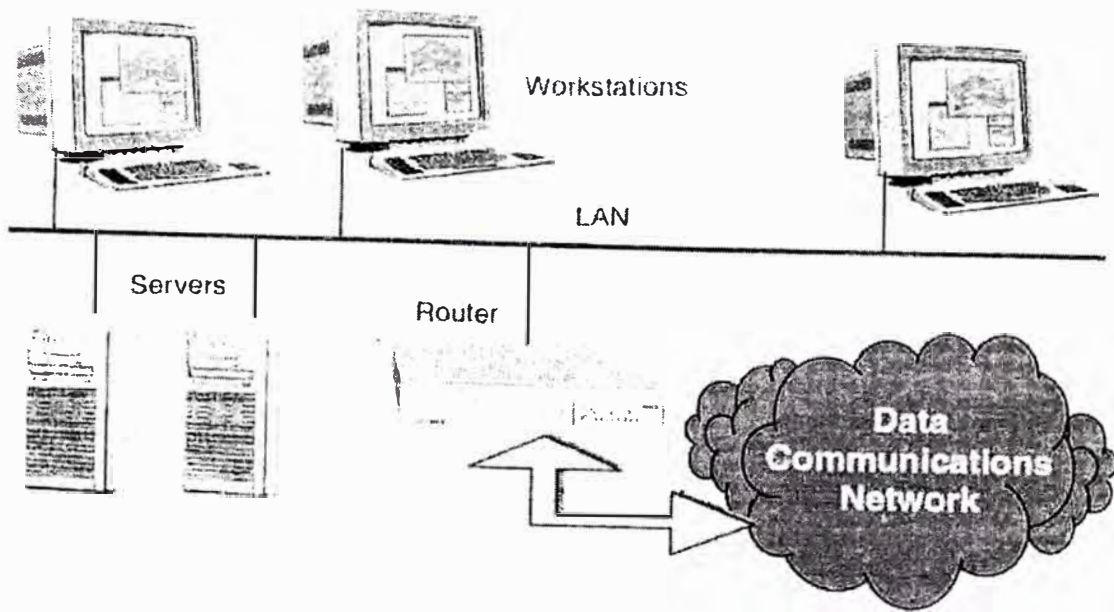


Figura 7.7 Arquitectura Nokia de un sistema de gestión NMS/2000

Dentro de las funciones principales que realiza el NMS/2000 se tiene:

- Implementación.
- Verificación.
- Medidas.
- Análisis o Estadísticas.
- Monitoreo en tiempo real.
- Solución de problemas.
- Mantenimiento.

7.7.1. Unidades Funcionales en el NMS/2000

El estándar de Nokia para el NMS/2000 consiste de servidores y posiciones de operadores que pueden ser cualquier estación de aplicaciones de trabajo (workstation) o X terminales. Estos componentes son concebidos para una red LAN. Los servidores se comunican a través de un servidor de comunicaciones, un servidor de bases de datos y un servidor en standby o una combinación de estos. Se provee de un router

para permitir la comunicación de varios elementos en la red GSM, la cual esta conectada a una red de comunicación de datos DCN. Figura 7.8.

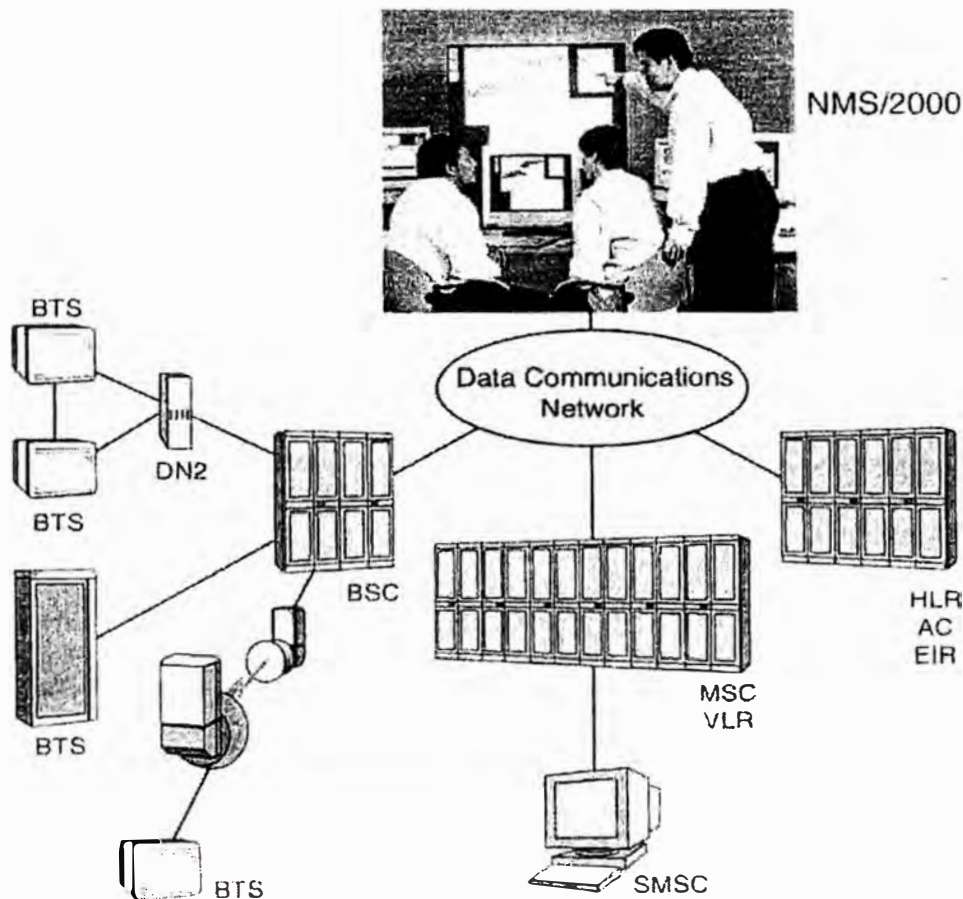


Figura 7.8 Comunicación de un NMS/2000 con los elementos de red GSM

7.8. Nokia Estaciones Base BTS

Las estaciones base de Nokia, BTS, es una parte del subsistema de estaciones base BSS. La BTS proporciona la parte radio para el BSS y se encuentra ubicada entre el BSC y las estaciones móviles MS. Las estaciones base de Nokia no están basadas en la plataforma de conmutación DX 200, estas tienen su propia plataforma. Las BTSs manejan señalización y tráfico en la interfaz aire. También detectan a las estaciones móviles.

Otra de las funciones de las BTSs son los saltos de frecuencias, los saltos pueden ser cíclicos o pseudo aleatorios, como este definido en las especificaciones GSM. La BTS también es responsable del control de potencia en el sentido descendente. La señalización LAPD se usa entre el BSC y la BTS y la señalización LAP-Dm se utiliza entre las estaciones móviles MS y la BTS.

7.8.1. Familia de Estaciones Base Nokia

Las BTS de Nokia han pasado por varias generaciones, cada generación sucesiva de BTSs viene siempre con alguna nueva característica, mencionaremos algunas de ellas:

- Nokia 2da Generación
- Nokia Talk Family
- Nokia Prime Site
- Nokia Metro site
- Nokia In site
- Nokia Ultrasite (3ra generación) soporta WCDMA.

Este último tipo de site se ha instalado en toda la red GSM en el Perú.

7.9. Servicios y Facilidades

Dentro de los servicios con que cuenta la red GSM, en el Perú se han implementado las siguientes facilidades:

1. SMS Short Message service o Servicio de Mensajes Cortos.
2. Roaming Automático.
3. VPN Virtual Private Network o Red Privada Virtual
4. VMS Voice Mail Service y Notificación de voice mail.
5. Conexión de Datos.

7.9.1. Servicio de Mensajes Cortos SMS

Permite enviar y recibir mensajes de texto de forma clara y precisa sin interrumpir los canales voz. Se puede enviar mensajes de texto con una longitud máxima de 160 caracteres alfanuméricos.

Esta compuesta por una plataforma de mensajes CMG que maneja mensajes, terminación de llamadas y facilidades de Notificación, un Centro de Mensajes Cortos SMSC que almacena y enruta los mensajes.

- Como manejador de mensajes, el SMSC, recibe y envía mensajes; los mensajes pueden venir de una red fija o de una red móvil y pueden ser enviadas a las misma pero siempre debe existir al menos una estación móvil involucrada.
- Como terminación de llamadas, permite desviar al abonado llamante a una casilla de voz.
- Por último, permite ser utilizado como una facilidad de notificación. Voz, fax y servicios de mail box lo usan para notificar al usuario que tienen un mensaje pendiente.

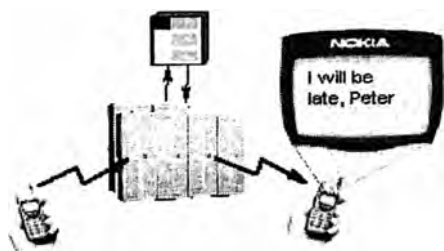


Figura 7.9
Servicio de Mensajes Cortos Punto a Punto

Se pueden enviar mensajes desde equipos móviles hacia otros móviles que pertenezcan a la misma red GSM, así como también enviar mensajes a otros terminales móviles que se encuentren haciendo roaming en otro país. También es posible enviar mensajes de texto vía internet.

Los mensajes cortos pueden ser de tres tipos:

- SMS Punto a Punto Móvil Origina.
- SMS Punto a Punto Móvil Termina.
- SMS Difundido por Estaciones Base.

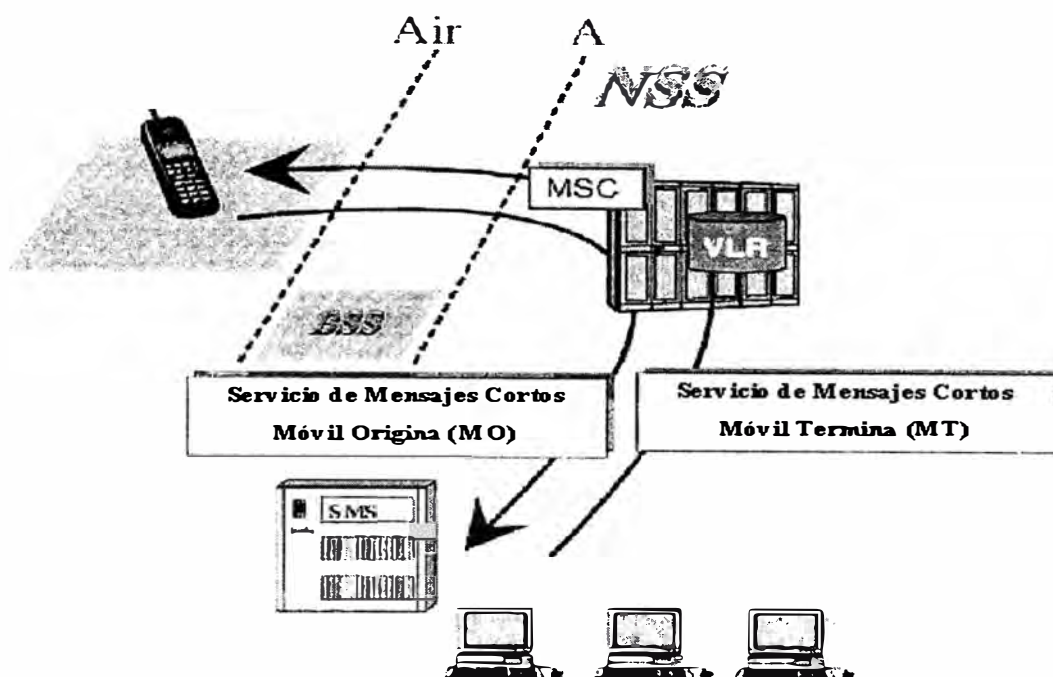


Figura 7.10 Servicio de mensajes cortos

7.9.2. Servicio de Correo de Voz VMS

Esta facilidad permite notificar al abonado cuando tiene mensajes guardados en su casilla de voz.

Presentaremos dos casos:

Caso I. Cuando el Abonado llamado tiene su celular apagado.

Ocurren los siguientes eventos:

1. La llamada originada en una red fija, es enrutada a través su central de conmutación hacia su PSTN.
2. La central de conmutación PSTN enruta la llamada hacia la PLMN celular.

3. El MSC ordena buscar al abonado llamado a través del VLR quien verifica el estado del IMSI en su tabla de datos, si el IMSIDETACH se encuentra en YES, significa que el abonado llamado esta apagado o fuera de cobertura.
4. El MSC transfiere la llamada hacia el VMS.
5. El VMS a través del MSC, le avisa al abonado llamante que su llamada será transferida a un buzón de voz.
6. El VMS almacenará el mensaje que deje el abonado llamante.
7. Finaliza la llamada.

La figura 7.11, muestra los diferentes pasos que se han sucedido para que se active el servicio VMS.

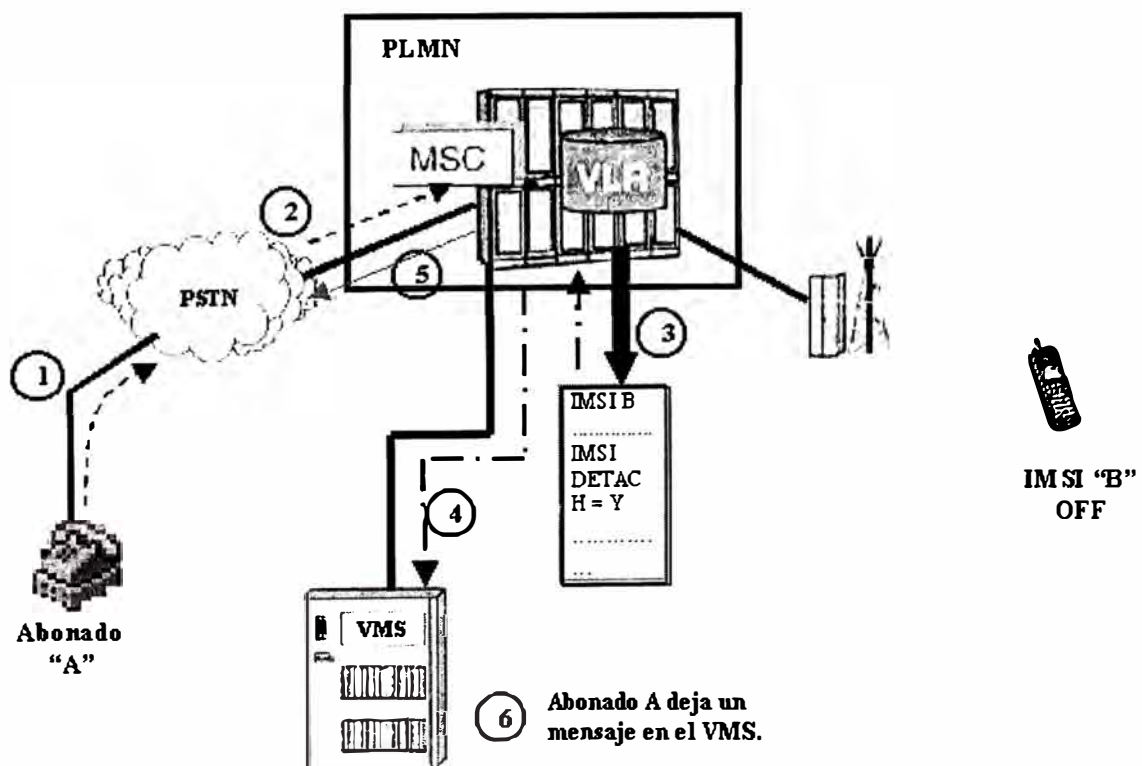


Figura 7.11 Servicio de mensajes de voz, abonado en off

Caso II. Cuando el Abonado llamado tiene su celular encendido.

En este caso es cuando el abonado tiene un mensaje de voz en su casilla y el VMS lo va a notificar.

Ocurren los siguientes eventos:

1. La llamada originada en una red fija, es enrutada a través su central de conmutación hacia su PSTN.
2. La central de conmutación PSTN enruta la llamada hacia la PLMN celular.
3. El MSC ordena buscar al abonado llamado a través del VLR quien verifica el estado del IMSI en su tabla de datos, si el IMSIDETACH se encuentra en NO, significa que el abonado llamado esta con su celular encendido y bajo la cobertura de alguna BTS.
4. El MSC ordena buscar al abonado llamado a través de las BTSs que le estén dando cobertura.
5. Una vez localizado el abonado, El VMS notifica a su ISMSC que el abonado tiene un mensaje nuevo.
6. El ISMSC le envía a la PLMN la indicación de mensaje en espera MWI (Message Waiting Indicator) para que sea transferida al abonado.
7. El abonado recibe el MWI a través de un canal SDCCH como un mensaje corto SM (Short Message).

La figura 7.12, muestra los diferentes pasos que se han sucedido para que se active el servicio VMS y le notifique al abonado que tiene un nuevo mensaje.

7.9.3. Roaming Automático

Todos los usuarios de GSM en el Perú disponen de la posibilidad de emplear su terminal en cualquier país donde exista algún operador de telefonía celular que

emplee la tecnología GSM manteniendo siempre su mismo número, cabe recalcar que esto se producirá siempre y cuando existan acuerdos bilaterales entre operadores. Para nuestro caso sabemos que actualmente el Perú puede hacer Roaming Automático con los siguientes países:

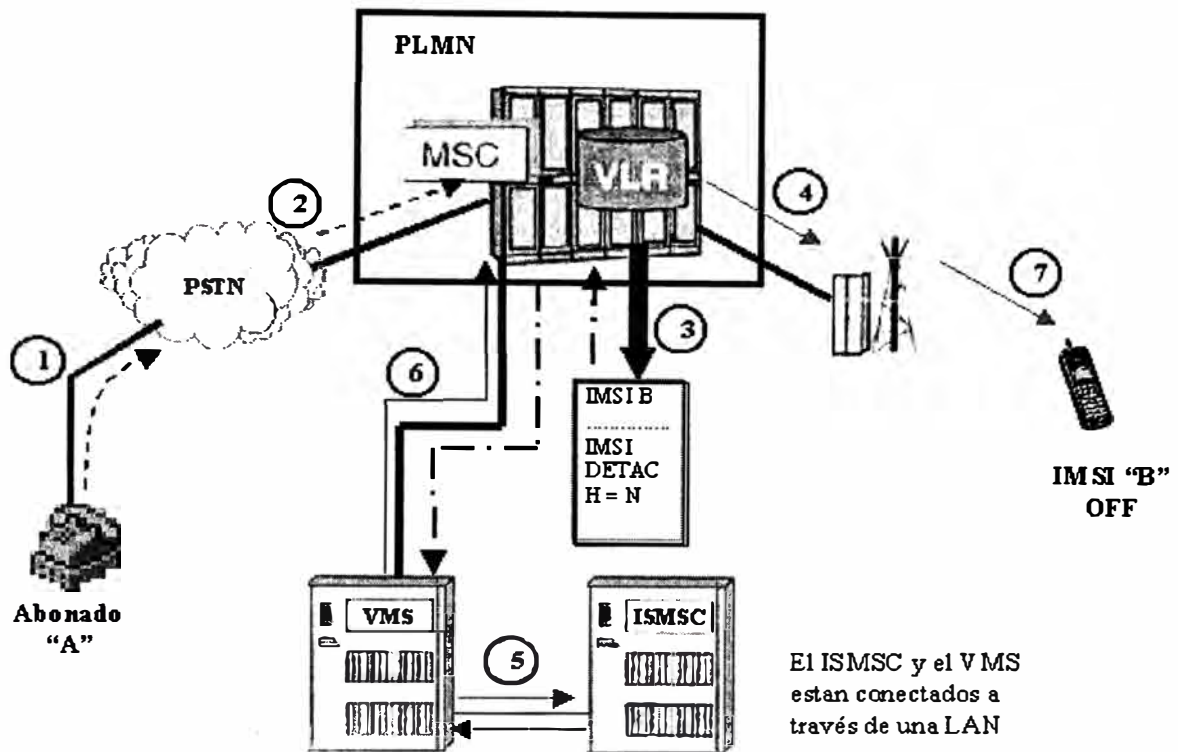


Figura 7.12 Servicio de mensajes de voz, abonado en ON

Alemania, Argentina, Austria, Australia, Bielorusia, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Holanda, Hong Kong, Hungría, India, Israel, Luxemburgo, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rep. Checa, Rep. Dominicana, Rusia, Singapur, Suecia, Suiza, Turquía, Venezuela, Italia, Chile, Canadá,

Este servicio requiere de mensajería a nivel de señalización entre operador original (al cual pertenece el suscriptor) y el operador visitado (en la red en que es registrado el suscriptor visitante). En la base de datos temporal VLR se almacena la información del usuario visitante y se le asigna un número temporal que será el que

internamente (para el sistema GSM) servirá como nuevo número temporal de abonado.

7.9.3.1. Proceso de Roaming y Actualización de Posición

1. El móvil se desplaza a otro país y solicita actualización de su ubicación cuando este enciende el equipo. Se registra en un nuevo MSC/VLR.
2. El nuevo VLR visitado informa al HLR local del abonado de su nueva ubicación (Nueva dirección del VLR visitado)
3. El HLR local actualiza la ubicación del abonado y envía información del abonado al nuevo VLR.
4. El HLR local solicita que la información de abonado sea removida del VLR local.
5. El VLR local accede a la petición y remueve la información de su base de datos.
6. Después que la localización y registración del móvil ha sido aceptada en el nuevo MSC/VLR visitado, el móvil esta habilitado para hacer uso de los servicios de la red, originar y terminar llamadas, etc.

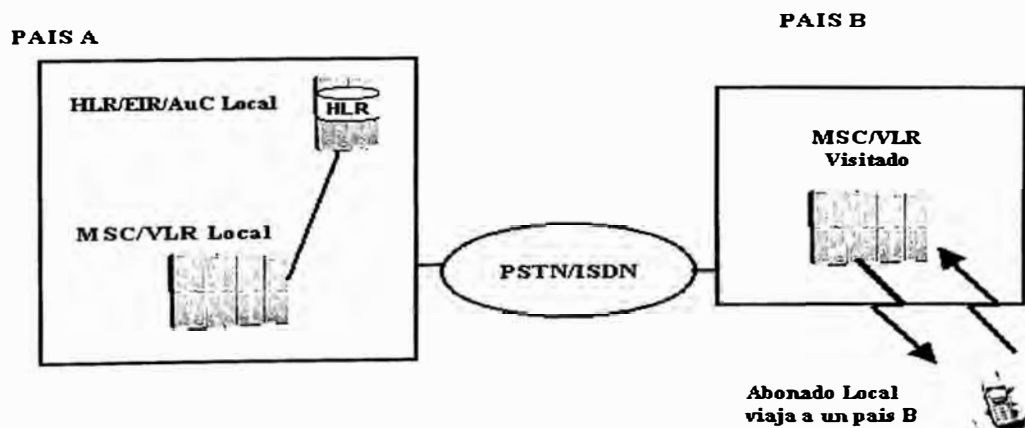


Figura 7.13 Proceso de actualización y localización durante el Roaming

7.9.4. Red Privada Virtual (Virtual Private Network VPN)

La VPN provee la posibilidad de construir grupos de redes Centrex que consisten de abonados móviles, abonados de redes fijas y abonados de PBX.

Una red Centrex permite a los suscriptores usar códigos cortos para hacer llamadas con marcación abreviada, a otros miembros del mismo grupo.

Además de la marcación abreviada, el VPN permite tarifas especiales para todas las llamadas de un grupo así como también se pueden hacer restricciones a los miembros de un grupo.

Este servicio forma parte de otros varios servicios de la red inteligente de GSM – Nokia.

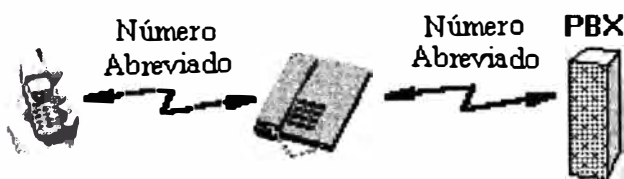


Figura 7.14 Red Virtual

CAPÍTULO VIII ESTRUCTURA Y HARDWARE ESPECÍFICO DE UN SISTEMA DX 200

8.1. Estructura y Hardware de un BSC DX 200

Como fué definido en los capítulos previos, un BSC DX200 posee una estructura modular de software y hardware. La arquitectura distribuida de un BSC DX200 permite que el hardware esté implementado por sistemas multiproceso. En este tipo de sistemas multiproceso la capacidad de procesamiento de datos se divide entre varias unidades computacionales en donde cada una de las cuales posee un microcomputador además de dispositivos complementarios. Ver figura 8.1.

8.2. Elementos Hardware que conforman el BSC DX 200

Las unidades que conforman el hardware de un Controlador de Estaciones Base, BSC DX 200 se listan a continuación:

- Grupo de Conmutación (Group Switch, GSW)
- Unidad de Control de Señalización de Estaciones Base (Base Station Signalling Unit, BCSU).
- Unidad de Manejo Celular y Marcador (Celular Management and Marker Unit, MCMU).
- Unidad de Operación y Mantenimiento (Operation and Maintenance Unit, OMU).
- Bus de Mensajes (Message Bus, MB).
- Terminal de Intercambio (Exchange Unit, ET).
- Unidad de Reloj y Sincronización (Clock and Synchronization Unit, CLS).

➤ Transcodificador (Transcoder, TCSM)

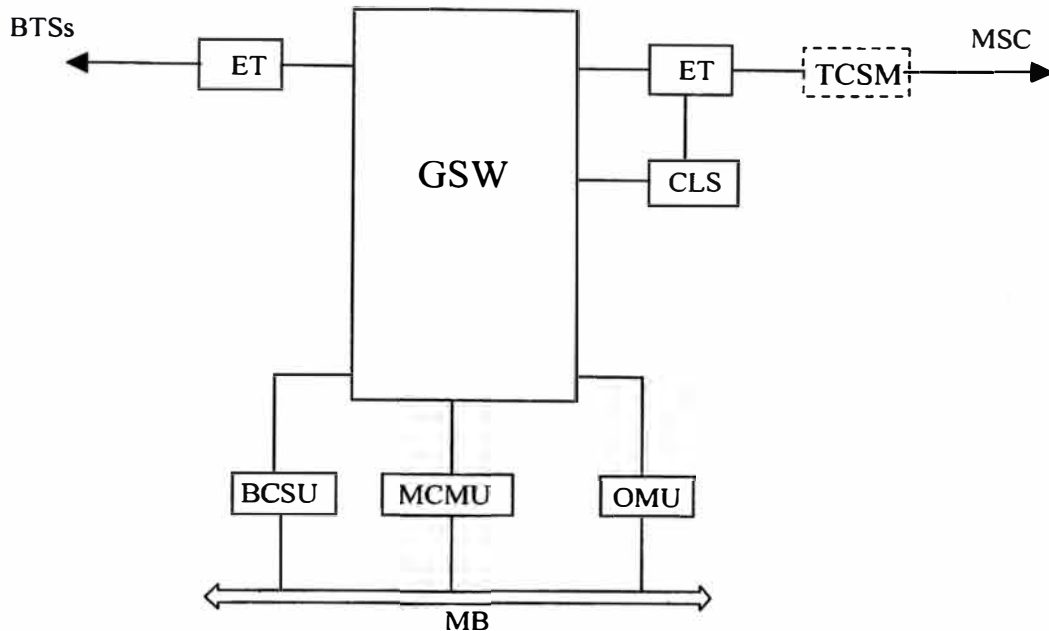


Figura 8.1 Elementos hardware que conforman un BSC DX 200

8.3. Descripción de las Unidades Funcionales

A continuación se hará una breve descripción de cada una de las unidades funcionales básicas que componen el hardware de un BSC DX 200.

8.3.1. Grupo de Conmutación (GSW)

Esta unidad conmuta los canales de voz de los circuitos PCM internos en el BSC. También conmuta las conexiones internas necesarias para las unidades de señalización. El normal funcionamiento de la red de conmutación es supervisado por la unidad de manejo celular, este lleva a cabo las conexiones necesarias y libera las funciones de conmutación utilizadas para la conmutación de voz y datos conectando los circuitos de señalización necesarios.

El GSW es totalmente digital y tiene una capacidad de conmutación de hasta

256 circuitos PCM con un nivel de conmutación de hasta un bit u 8 Kbps.

8.3.2. Unidad de Manejo Celular y Marcador (MCMU)

Lleva a cabo la función de controlar y supervisar la matriz de conmutación y de manejar las funciones de los recursos radio en el BSC. Esta compuesto por tres módulos: un microprocesador, una interfaz de control de conmutación y una interfaz de bus de mensajes.

Las funciones de marcador en el MCMU es controlar el grupo o matriz de conmutación. Estas funciones de control incluyen la conexión y la liberación de los circuitos en la matriz de conmutación. Ver figura 8.2.

8.3.3. Unidad de Señalización (BCSU)

Lleva a cabo las funciones de BSC que son altamente dependientes de la cantidad de tráfico. El control de la señalización y tráfico lo realiza en ambas interfaces: A y Ater.

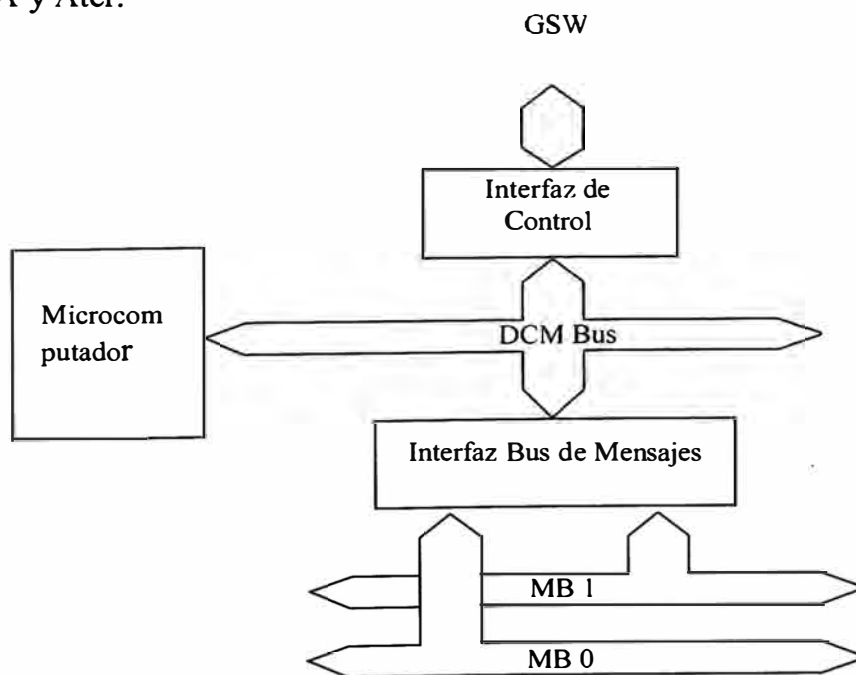


Figura 8.2 Estructura de la unidad de manejo celular MCMU

Esta unidad esta compuesta por un microcomputador, una interfaz SS7, una interfaz LAPD y una interfaz para supervisión de los grupos de circuitos.

El BCSU supervisa los circuitos de 2 Mbps (Manejo del TS0) conectados al grupo de conmutación, usando la interfaz de alineamiento de trama. Las unidades de interfaz, incluyendo los protocolos SS7 y LAPD, están conectados a la red de conmutación vía conexiones de 2 Mbps. Ver figura 8.3.

8.3.4. Unidad de Operación y Mantenimiento (OMU)

Es una interfaz entre el BSC y el manejo de mas alto nivel del sistema y/o usuario. El OMU puede ser usado también para operaciones de mantenimiento local.

El OMU recibe indicaciones de falla desde el BSC. Este puede mostrar alarmas locales al usuario o enviarlas a un centro de gestión de alarmas. En caso de fallas, la OMU automáticamente activa procedimientos de recuperación y diagnóstico.

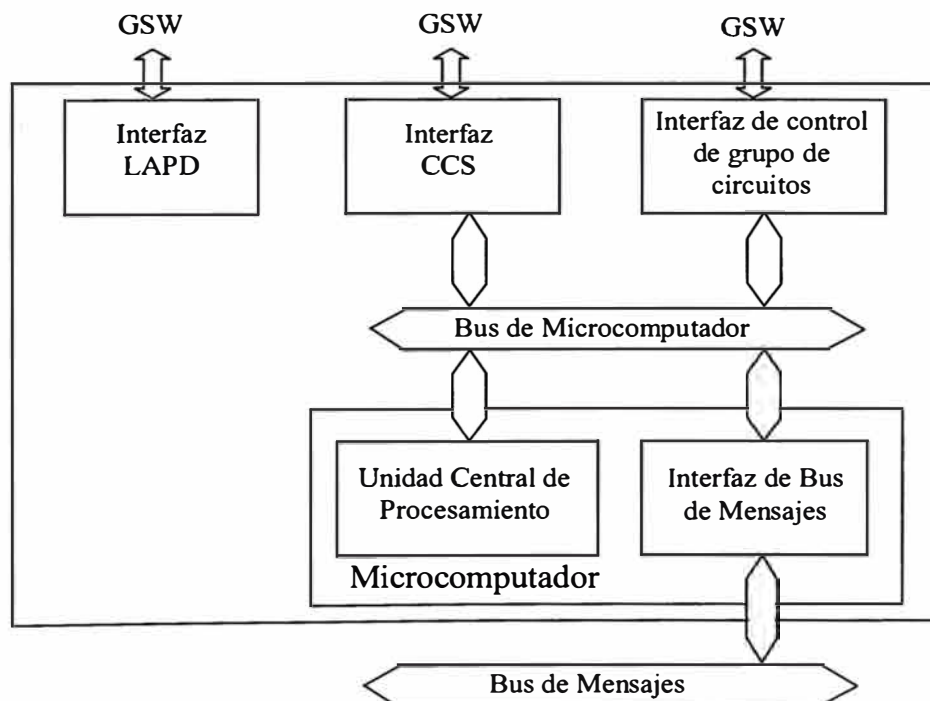


Figura 8.3 Estructura de la unidad de señalización BCSU

La OMU está compuesta de: un microcomputador, una interfaz de alarmas, una interfaz de bus de mensajes, interfaz para dispositivos periféricos, interfaz o LAN e interfaz para conexiones X.25 Digital o Analógico. Ver figura 8.4.

8.3.5. Bus de Mensajes (MB)

Se utiliza un duplicado de bus de mensajes para la transferencia de datos entre la OMU y el procesador de control de llamadas del BSC. El hardware del bus de mensajes consiste de varios pares de cables que llevan los datos actuales y también el control de información requerida para la transferencia de mensajes.

En caso de falla, el bus de mensajes en espera, toma el control de las funciones del bus activo sin interferir con el proceso de llamadas. Ver figura 8.5.

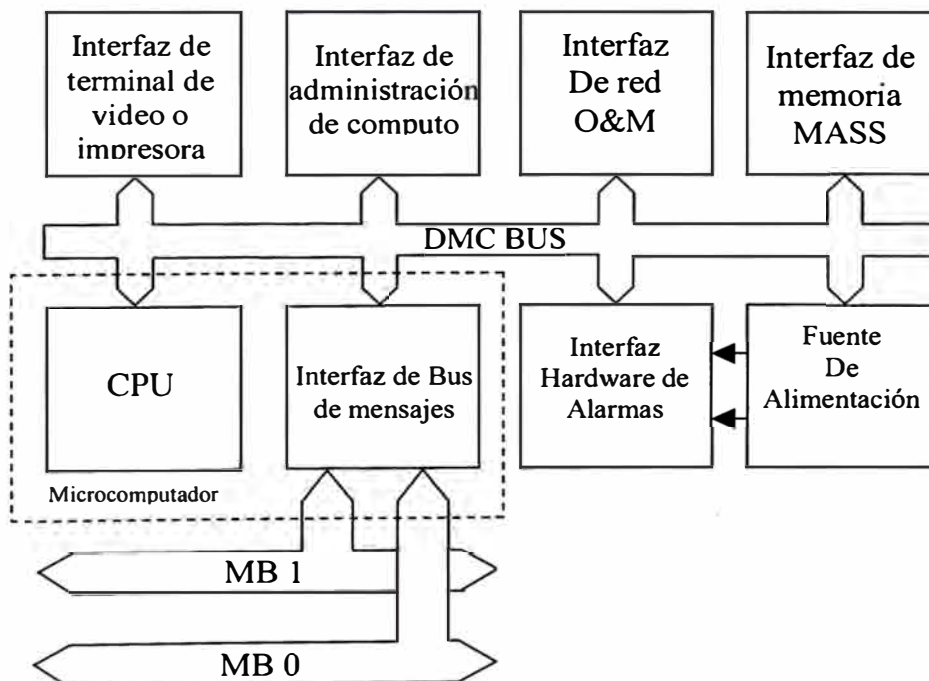


Figura 8.4 Estructura de la unidad de operación y mantenimiento OMU

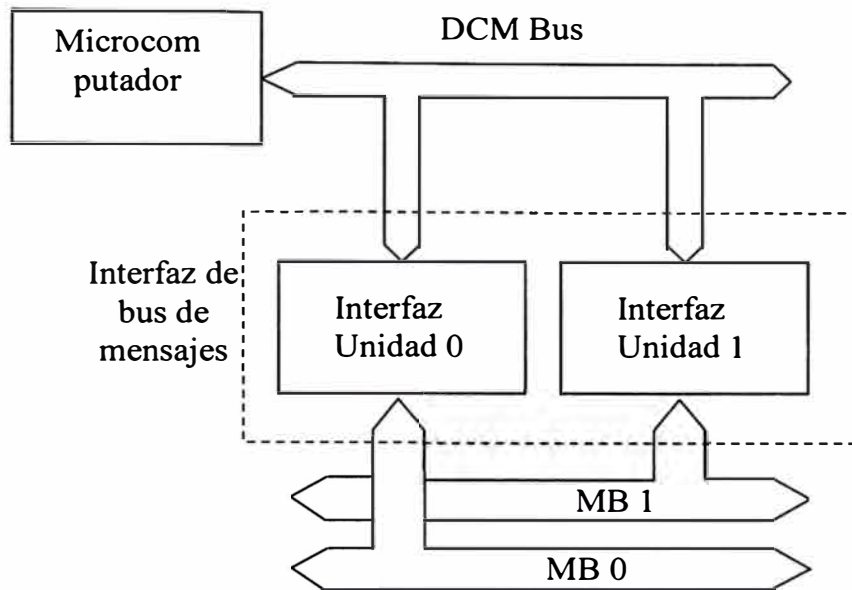


Figura 8.5 Estructura de un sistema de bus de mensajes

8.3.6. Terminal de Intercambio (ET)

Todas las interfaces de 2 Mbps para el MSC y BSC están conectados a los terminales de Intercambio (ET). Estos terminales adaptan los circuitos de PCM externo al GSW y sincronizan el reloj del sistema.

Los ETs están conectados a la red de conmutación y a la unidad de reloj del BSC en forma permanente mediante cables. Los ETs también están conectados vía un enlace LAPD a la interfaz LAPD. La unidad de interfaz de alineamiento de trama, supervisa los bits errados de los circuitos PCM y maneja las indicaciones de sus alarmas.

En la dirección de entrada, el ET decodifica la señal de 2Mbps de un circuito, en señales de datos. El decodificador decodifica el código HDB3 en la forma binaria. Al mismo tiempo, el ET es sincronizado a la tasa de bits de la señal PCM entrante. En la dirección de salida, el ET recibe una señal binaria desde la red de conmutación

y genera la estructura de trama PCM, la señal resultante es convertida a un código de línea HDB3 y transmitida dentro del circuito de 2 Mbps.

8.3.7. Unidad de Reloj y Sincronismo (CLS)

Esta unidad distribuye señales de referencia de temporización a las unidades funcionales del BSC. Estas pueden funcionar plesiocronamente o sincronizadamente con las referencias de temporización recibidas desde los circuitos PCM digitales.

Tres entradas PCM de referencia con orden de prioridad debidamente definido, proporcionan las señales de referencia para la temporización de los elementos.

8.3.8. Transcodificador (TCSM)

Tiene como función principal reducir la tasa de bits en el BSS, así se reduce de 64 kbps en la interfaz A a 16 kbps en la interfaz A-ter; ya que se encuentra conectado entre el BSC y el MSC, el TCSM también tiene capacidad de submultiplexación, la cual se usa para reducir los enlaces de 2 Mbps entre ambas unidades.

El TCSM está compuesto por tres tipos de unidades: Ver figura 8.6

1. El TRCO, que es la unidad principal, se encarga de la supervisión interna de las otras unidades así como de la sincronización de los elementos y de las funciones de operación y mantenimiento.

2. TR16, que contiene 16 Procesadores de Señal Digital (Digital Signal Processor) DSPs, es donde se realiza la codificación de la voz y las demás funciones de transcodificación.

3. ETs, proporcionan la interfaz externa de 2 Mbps entre el BSC y el MSC.

8.4. Estructura y Hardware Específico de un MSC DX 200

Cada una de las unidades funcionales que conforman el hardware del MSC

tiene una función propia o grupo de tareas que administrar. Además todas las unidades funcionales tienen separado su propio hardware y software. La mayoría de ellos está equipada con procesadores dedicados Pentium III. Estas unidades están asociadas a otras unidades de procesamiento y ellas están interconectadas entre sí por un bus de mensajes de alta velocidad.

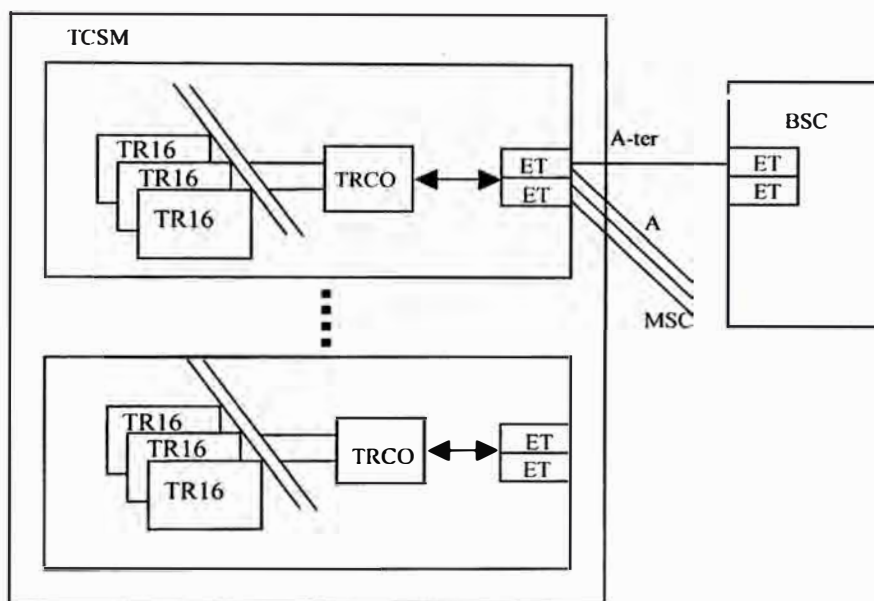


Figura 8.6 Estructura interna de un Transcoder y su conexión con el MSC y BSC

8.5. Elementos Hardware que conforman el MSC DX 200

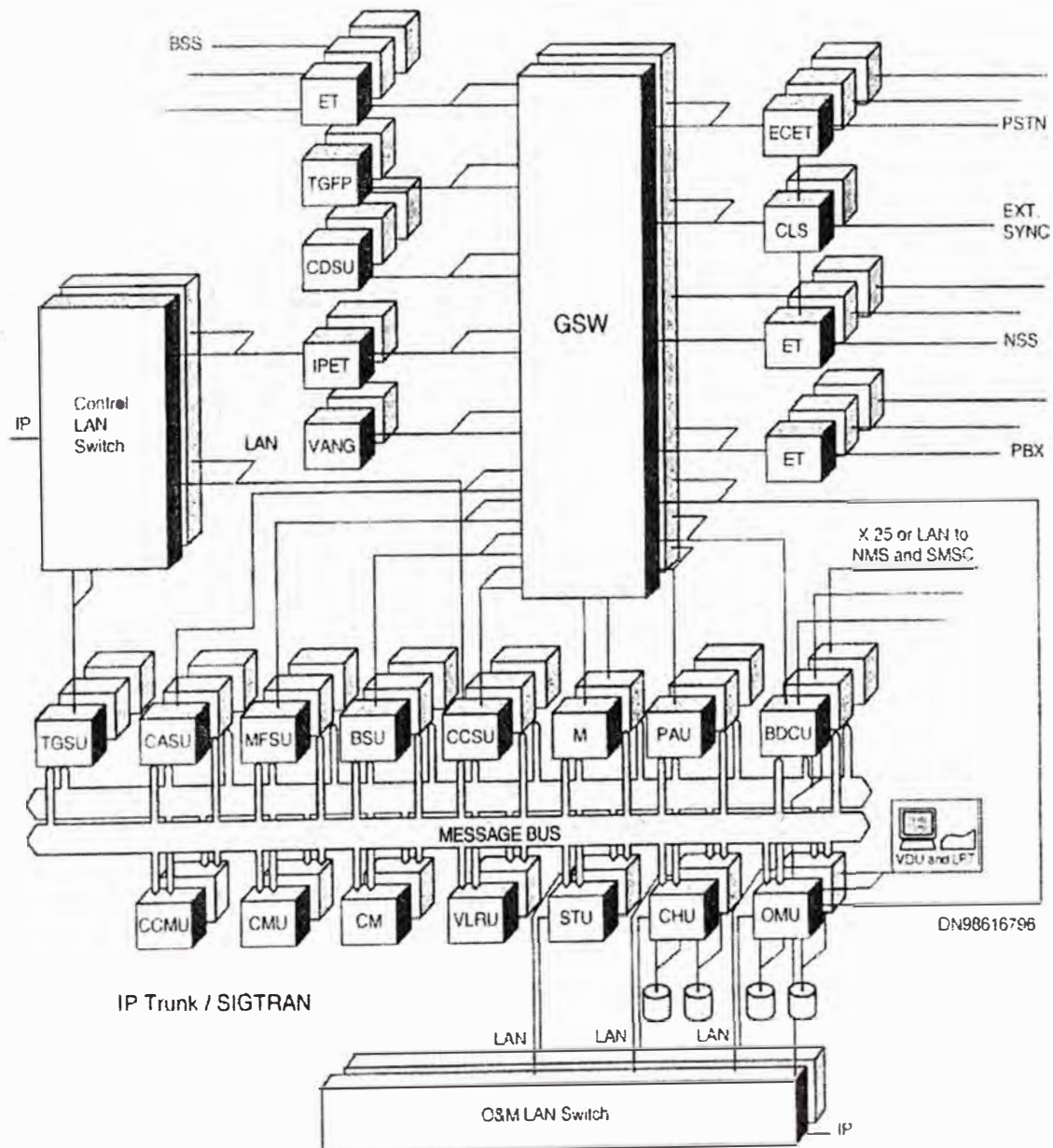
A continuación se hará una breve descripción de las principales unidades funcionales básicas que componen el hardware de un MSC DX 200.

- Unidad de Señalización para Estaciones Base (Base Station Signalling Unit, BSU).
- Unidad de Comunicación de Datos Básicos (Basic Data Communications Unit, BDCU).
- Unidad de Manejo Celular (Cellular Management Unit, CMU).

- Memoria Central (Central Memory, CM).
- Unidad de Señalización por Canal Asociado (Channel Associated Signalling Unit, CASU).
- Unidad de Carga (Charging Unit, CHU).
- Reloj de Sistema (Clock System, CLS).
- Unidad de Manejo de Señalización por Canal Común (Common Channel Signalling Management Unit, CCMU).
- Unidad de Señalización por Canal Común (Common Channel Signalling Unit, CCSU).
- Unidad de Compresión de Datos (Compact Data Service Unit, CDSU).
- Cancelador de Eco (Echo Cancelling and Terminal, ECET)
- Terminal de Intercambio (Exchange Terminal, ET)
- Interfaces IP
- Unidades Funcionales de Grupos de IP
- Grupo de Conmutación 2048. (GSW, 2048)
- Marcador (Marker, M)
- Bus de Mensajes (Message Bus, MB)
- Unidad de Señalización Multifrecuencia (Multifrequency Signalling Unit, MFSU)
- Unidad de Operación y Mantenimiento (Operation and Maintenance Unit, OMU)
- Unidad de Distribución de Energía (Power Distribution Unit, PDFU)
- Unidad de Acceso Primario (Primary Rate Access Unit, PAU)
- Unidad de Estadísticas (Statistics Unit, STU)

- Cintas de Almacenamiento (Storage Device Cartridge, SD4C-A)
- Unidad de Registro y Localización de Abonados (Visitor Location Register Unit, VLRU)

Todas las unidades funcionales de un MSC DX 200 se muestran en el gráfico adjunto.



F

figura 8.7 Unidades funcionales que conforman el MSC DX 200 de Nokia

8.6. Descripción de las Unidades Funcionales del MSC

Se describirán los componentes e interfaces que conforman a cada una las principales unidades funcionales que componen el Centro de Conmutación de Abonados Móviles, MSC.

1. Unidad de Señalización para Estaciones Base (Base Station Signalling Unit, BSU).

Maneja señalización CCS7 entre el MSC y el BSC. Controla también a los PCMs que están conectados al BSS. Esta compuesto por una unidad principal de procesamiento CPU, una interfaz de bus de mensajes y un pre procesador que realiza funciones de señalización y control de ETs.

2. Unidad de Comunicación de Datos Básicos (Basic Data Communications Unit, BDCU).

Contiene enlaces de comunicación para la operación y mantenimiento de redes X.25, LAN/Ethernet y también hacia los centros de mensajes cortos y al centro de facturación. Está compuesto por un CPU, una interfaz de bus de mensajes, un pre procesador para conexiones X.25 digital y analógica.

3. Unidad de Manejo Celular (Cellular Management Unit, CMU).

El CMU controla la red celular de radio y las unidades de compresión de datos del intercambio. También provee funciones de sistemas de soporte, tales como traslados de planes de numeración privada. Esta compuesto por un CPU, interfaz de bus de mensajes, una interfaz LAPD

4. Memoria Central (Central Memory, CM).

Los archivos semi permanentes de la memoria principal contiene los datos de tarificación, enrutamiento y datos de configuración del sistema. En base a esta

información, otras unidades podrán tomar decisiones cuando una llamada está siendo establecida. La memoria central también almacena la conmutación de redes LAN, la cual recoge los datos de señalización para la operación y mantenimiento desde las unidades OMU, BDCU, STU y CHU. Esta unidad está compuesta por una unidad de procesamiento CPU, interfaz de bus de mensajes y unidad de conmutación de LAN.

5. Unidad de Señalización por Canal Asociado (Channel Associated Signalling Unit, CASU).

Esta unidad es instalada en el intercambiador solamente cuando se necesita canales de señalización asociada entre el MSC y la PSTN. Se compone de una CPU, interfaz de bus de mensajes, un pre procesador para el CAS y un pre procesador para el control de ET.

6. Unidad de Carga (Charging Unit, CHU).

La unidad de carga, recoge y almacena datos de carga del sistema. En el MSC un par de CHUs se requieren como mínimo para su configuración correcta. El CHU también alberga la conmutación opcional de LAN la cual recoge y conmuta datos de control de señalización SIGTRAN y/o IPET entre el CCSU y/o el TGSU y la red IP. Está compuesto por un CPU, interfaz de bus de mensajes y una unidad de conmutación de O&M LAN.

7. Reloj de Sistema (Clock System, CLS).

Esta unidad consiste de dos unidades estándares: la unidad de reloj de sistema y la unidad de almacenamiento de alarmas y reloj. El reloj de sistema genera las señales de reloj necesarias para la sincronización de las funciones del MSC y transmitir las hacia las unidades CLBU en otros armarios. Cuando se utiliza el modo jerárquico, cada unidad es sincronizada hasta para 4 entradas, usualmente

provenientes de la PSTN. También tiene dos entradas externas adicionales para la sincronización. El CLS también alimenta las señales de tiempo a las unidades en el OMC. Un solo CLS puede manejar las funciones de temporización y colección de alarmas de hasta otras 15 unidades. Esta compuesto por un generador de reloj y tonos.

8. Unidad de Manejo de Señalización por Canal Común (Common Channel Signalling Management Unit, CCMU).

Esta unidad es responsable de las funciones de administración de la red del sistema de señalización por canal común n° 7 (CCS7) del intercambiador. También maneja las funciones de aviso de voz. Esta compuesto por un CPU, interfaz de bus de mensajes y un generador de avisos verbal.

9. Unidad de Señalización por canal común (Common Channel Signalling Unit, CCSU).

El CCSU maneja funciones de señalización para las líneas PCM externas que van hacia la PSTN y hacia otros elementos de red en el NSS. El tráfico de señalización entre elementos de red en el NSS también puede ser transportado sobre una red IP con el SIGTRAN. El CCSU también supervisa los ETs ubicados en el BDCU. Esta compuesto por un CPU, interfaz de bus de mensajes, un pre procesador para las funciones CCS7 y control de ET.

10. Unidad de Compresión de Datos (Compact Data Service Unit, CDSU).

El CDSU ofrece servicio de datos GSM estándar, el cual incluye conexiones vía modem hacia la PSTN y conexiones digitales hacia redes ISDN. Está conformado por un controlador de servicio de datos y emplea un adaptador multi protocolo de servicio de datos.

11. Cancelador de Eco (Echo Cancelling and Terminal, ECET)

Las tareas del cancelador de eco son las mismas del intercambiador, con la única diferencia que el cancelador de eco también provee a las líneas PCM externas las funciones de cancelación de eco. Este dispositivo es solamente utilizado hacia las conexiones PSTN.

12. Terminal de Intercambio (Exchange Terminal, ET)

Realiza la adaptación eléctrica y la sincronización de líneas PCM externas. Es capaz de hacer codificación y decodificación HDB3/AMI/B8ZS, insertar bits de alarmas en la dirección de salida y genera la estructura de la trama PCM.

13. Grupo de Conmutación 2048. (GSW, 2048)

El grupo de conmutación es la matriz en donde se lleva a cabo la conmutación de los circuitos PCM, este es controlado por el marcador y es capaz de realizar como mínimo la conmutación de 2048x2048 líneas PCM. Está compuesto por una memoria de conmutación, un control de conmutación y un convertidor de conmutación serie-paralelo-serie.

14. Marcador (Marker, M)

El marcador supervisa y controla al grupo de conmutación GSW, se encarga de ubicar circuitos libres y es responsable por conectar y liberar todas las conexiones. Esta compuesto por un CPU, interfaz de bus de mensajes, procesador de control de conmutación y un generador de tonos programable.

15. Bus de Mensajes (Message Bus, MB)

El bus de mensajes es la conexión física con la unidad de computo. Este bus de mensajes es controlado por una unidad interfaz de bus de mensajes ubicado en cada unidad de computo.

16. Unidad de Señalización Multifrecuencia (Multifrequency Signalling Unit, MFSU)

Este dispositivo maneja la recepción y la transmisión de señales R2 o ANSI MF. Otras funciones del MFSU incluyen las continuas verificaciones, funciones de control de conferencia de llamadas y la identificación de botón de marcación. Esta compuesto por un CPU, una interfaz de bus de mensajes y una unidad de señalización multifrecuencia.

16. Unidad de Operación y Mantenimiento (Operation and Maintenance Unit, OMU)

El OMU maneja toda la supervisión centralizada, alarmas y funciones de recuperación, así como las conexiones hacia la interfaz usuario. Este recoge las alarmas cableadas desde el intercambiador y también de equipos externos conectados al sistema. Básicamente es una unidad de computo con capacidad de almacenamiento. Se compone de un CPU, una interfaz de bus de mensajes, un pre-procesador LAPD y control de canal de reloj, un terminal de alarmas y una interfaz serial.

17. Unidad de Acceso Primario (Primary Rate Access Unit, PAU)

La unidad de acceso primario se instala solamente cuando se necesita señalización entre una PBX y la MSC. Hay dos protocolos alternativos disponibles para la PBX: el acceso primario ISDN 30B+D y el DPNSS 1. Esta compuesto por un CPU, una interfaz de bus de mensajes una interfaz se señalización PBX y un control de ET.

18. Unidad de Estadísticas (Statistics Unit, STU)

Las unidades de estadísticas recogen datos de medidas y performance de la red. Se componen de un CPU, una interfaz de bus de mensajes y un conmutador para el control de LAN.

19. Cintas de almacenamiento (Storage Device Cartridge, SD4C-A)

Las unidades de computo que manejan gran cantidad de datos y de bases de datos, están equipados con unidades de almacenamientos dedicados. Las unidades tales como discos duros, cintas DAT, unidades de disco y demás, se ubican dentro de una unidad de almacenamiento.

20. Unidad de Registro y Localización de Abonados (Visitor Location Register Unit, VLRU)

Contiene la información de cada abonado que está siendo atendido por la MSC, se compone de una unidad de procesamiento principal (CPU) y una interfaz de bus de mensajes.

CONCLUSIONES

1.- **¿POR QUÉ GSM?**, GSM a través de los años ha alcanzado enorme éxito en las telecomunicación inalámbricas. El número de clientes de GSM alrededor del mundo ya han alcanzado los 150 millones y se espera continuar creciendo exponencialmente. Los pronósticos predicen 250 millón usuarios a través del año 2000 y llegando a 400 millones a través del año 2002.

Hay sólo una manera para que una tecnología pueda alcanzar esa magnitud y volverse la tecnología de mayor opción elegida por consumidores y negocios en general, ya que GSM se diseñó desde un inicio para ser una plataforma abierta, proporcionando prevención del fraude y privacidad de las llamadas, además de tener un camino bastante claro a la tercera generación en las soluciones inalámbricas.

Mientras otras tecnologías, como CDMA, se han atado en batallas sobre los derechos de propiedad y las patentes tecnológicas, GSM está avanzado a toda maquina y fijando el camino para el resto de la industria. El éxito de la tecnología GSM esta basado en varios factores claves:

- Los Servicios y Funcionalidad son Superiores. GSM proporciona voz, datos de alta velocidad, envío de facsímil, pagin y servicios de mensajes cortos.
- Comunicaciones Seguras. GSM ofrece llamadas seguras y prevención del fraude con transmisión encriptada completamente digital, la hacen prácticamente imposibles de clonar puesto que los algoritmos que utiliza son bastante imposibles de reproducir y captar.

- Calidad de voz. GSM usa una codificación de canal superior y técnicas de corrección del error que permiten una mayor nitidez en la conversación, las que se acercan bastante a la calidad de la voz de la red fija.
- El Roaming Nacional e Internacional. La arquitectura GSM soporta interoperabilidad entre redes, no importando donde se encuentren ubicadas.
- El Camino hacia la Evolución Claro. GSM tiene un camino de la evolución claramente definido, las soluciones de hoy fijan el rumbo hacia la tercera generación de redes inalámbricas.

2.- Las ventajas que ofrece el SIM card (CHIP), la hacen totalmente diferentes a otras tecnologías celulares, este poderoso “mini computador” es transportable e intercambiable en cualquier momento, dando multiples ventajas a los usuarios de poder cambiar de terminal cuantas veces lo deseen.

3.- El GSM brinda mayores facilidades y mayor flexibilidad al momento de hacer crecimientos y/o modificaciones en la hardware, la característica modular del sistema DX200 la hace totalmente escalable y fácil de manipular.

4.- La arquitectura abierta del GSM, permite que múltiples proveedores de equipos puedan fabricar componentes y unidades a un costo más barato, además esto permite que una red GSM pueda estar compuesta por diferentes marcas y operar sin ningún problema.

5.- Las ventajas de la tecnología celular digital sobre las redes celulares analógicas incluye incrementar la capacidad y la seguridad; así mismo la característica general de los sistemas digitales TDMA, GSM, PCS1900 y CDMA es el compromiso que tienen de incrementar significativamente la eficiencia de los sistemas celulares para permitir un mayor número de conversaciones en simultaneo.

6.- Siendo la tecnología GSM la que más se utiliza a nivel mundial, ha generado una gran acogida en nuestro país, la aceptación que ha tenido por parte de los usuarios ha sido bastante buena y muchos abonados la prefieren antes que otras tecnologías como CDMA o AMPS.

7.- Actualmente la red GSM del Perú se extiende a través de 16 ciudades como: Lima, Piura, Trujillo, Chiclayo, Iquitos, Huancayo, Tacna, Arequipa, Chimbote, Cusco, Ica, Cajamarca, Tarapoto, Pucallpa y Puno-Juliaca cuentan con cobertura GSM.

GLOSARIO DE TERMINOS

AB	Access Burst
AGCH	Access Grant CHannel
AIS	Alarm Indication Signal
AMPS	Advanced Mobile Telephone Service
AuC	Authentication Center
BCCH	Broadcast Control CHannel
BCH	Broadcast CHannels
BER	Bit Error Rate
BERT	Bit Error Rate Test
BSC	Base Station Controller
BSSAP	Base Station System Application Part
BSSMAP	Base Station Management Application Part
BTS	Base Transceiver Station
BTSM	BTS Management
CC	Call Control
CCCH	Common Control CHannels
CDMA	Code Division Multiple Access
CM	Connection Management
CRC	Cyclic Redundancy Check
CT0/1/2	(Standards for) Cordless Telephony 0/1/2
D-AMPS	Dual Mode AMPS
DB	Dummy Burst
DCCH	Dedicated Control CHannels
DCS 1800	Digital Cellular System 1800 (today: GSM1800)
DECT	Digital Enhanced Telecommunications System
DRX	Discontinuous reception
DTAP	Direct Transfer Application Part

DTX	Discontinuous Transmission
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FACCH	Fast Associated Control CHannel
FAS	Frame Alignment Signal
FB	Frequency correction Burst
FCCH	Frequency Correction CHannel
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HDLC	High Level Data Link Control
HLR	Home Location Register
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IN	Intelligent Network
INAP	Intelligent Network Application Part
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISUP	ISDN User Part
L2ML	Layer 2 Management Link
LAP-D	Link Access Protocol for the (ISDN) D-Channel
LAP-Dm	LAP-D for the GSM U m Interface
MAN	Metropolitan Area Network
MAP	Mobile Application Part
ME	Mobile Equipment
MM	Mobility Management
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Center
MSISDN	MS ISDN number
MSRN	Mobile Station Roaming Number
MTP	Message Transfer Part
NB	Normal Burst

NFAS	Non-FAS
NMT	Nordic Mobile Telephone Network
O&M	Operations and Maintenance
OMC	Operation and Maintenance Center
OML	Operating & Maintenance Link
PCH	Paging CHannel
PCM	Pulse Code Modulation
PCS1900	Personal Communications System 1900 (today: GSM1900)
PHS	Personal Handyphone System
PLMN	Public Land Mobile Network
PRBS	Pseudo Random Bit Sequence
QoS	Quality of Service
RACH	Random Access CHannel
RR Radio	Resource management
RSL Radio	Signaling Link
RXLEV	Received Signal Level
RXQUAL	Received Signal Quality
SACCH	Slow Associated Control CHannel
SB	Synchronization Burst
SCCP	Signaling Connection Control Part
SCH	Synchronization CHannel
SDCCH	Stand-alone Dedicated Control CHannel
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
SMS	Short Message Service Support
SS	Supplementary Service Support
SS7	Signaling System Number 7
TA	Time Alignment
TACS	Total Access Communication System
TCAP	Transaction Capabilities Application Part
TCH	Traffic CHannel
TD/CDMA	Time Division Code Division Multiple Access

TDMA	Time Division Multiple Access
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TRAU	Transcoding and Rate Adaptation Unit
TRX	Transceiver
TS	Timeslot
TUP	Telephone User Part
Um	Air interface in GSM
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VLR	Visitor Location Register
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

BIBLIOGRAFÍA

1. Rafael Ayuso, Blanca Ceña y Mar Fernández, *Comunicaciones Móviles GSM*. Fundación Airtel D.L: M-29353-1999, Punto Centro, Madrid, Setiembre de 1999.
2. Nokia Networks, *Base Station Subsystem Course*. CTXX 2411 Versión 3.0, edición 2001.
3. Nokia Networks Oy, *GSM System Training – SYSTRA*. CTXX 1985 Versión 4.0, edición 2001.
4. Marc Kahabka, *Pocket Guide for Fundamentals and GSM Testing*. Wandel y Golterman GmbH & Co, Volumen 2, Elektronische Meßtechnik, P.O. Box 1262 D-72795 Eningen u.A. Alemania, solutions@wg.com, <http://www.wg.com>.
5. John Scourias, *Overview of the Global System for Mobile Communications*, Universidad de Waterloo; <http://ccnga.uwaterloo.ca/~jscouria/GSM/gsmreport.html>.
6. Santiago Rojas Tuya, *PCS, WLL y otras Tecnologías Inalámbricas*, INICTEL, Dirección de Capacitación, Octubre 2001.
7. Gemplus Card International, *Customer Guide for Card Personalization*, TIM Perú, Octubre 2000.
8. Normas ETSI: *Digital cellular telecommunications system; Subscriber Identity Modules (SIM); Functional characteristics*, (GSM 02.17 version 7.0.0 Release 1998), Technical Specification.
9. Normas ETSI: *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Specification of the Subscriber Identity Module, Mobile Equipment (SIM - ME) interface*, (GSM 11.11 version 5.10.0 Release 1996), ETSI European Telecommunications Standards Institute, ETSI Secretariat.