

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA



TRABAJO DE GRADUACION:

**“ESTUDIO MONOGRÁFICO SOBRE GSM
Y SU EVOLUCION HACIA 3G”**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO EN ELECTRONICA**

**PRESENTADO POR:
CABALLERO MORALES, CARLOS EDUARDO
VARELA TIZNADO, OTTO ROBERTO**

**OCTUBRE DEL 2001
SOYAPANGO-EL SALVADOR- CENTROAMERICA**

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR
ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL
PBRO. PEDRO JOSE GARCIA CASTRO

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
ING. CARLOS BRAN

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. GIOVANNI DURAN VIZCARRA

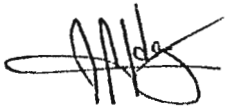
JURADO EXAMINADOR
ING. LETICIA REYES
ING. JULIO HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD DON BOSCO

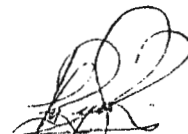
FACULTAD DE INGENIERIA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“ESTUDIO MONOGRÁFICO SOBRE GSM
Y SU EVOLUCION HACIA 3G”**



Ing. Julio Hernández
JURADO



Ing. Leticia Reyes
JURADO



Ing. Giovanni Durán Vizcarra
ASESOR

Dedicatoria

“Dedico este trabajo de graduación a Dios Padre Todopoderoso quien me iluminó y estuvo conmigo durante toda mi carrera universitaria, a mi amado padre Carlos y a su esposa Susana, a mi madre Regina y a mis hermanos Gino, Karlita y Rebequita que estuvieron conmigo brindándome su incondicional apoyo para poder alcanzar esta meta.”

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios Padre Todopoderoso por haberme llenado de la confianza y sabiduría necesaria para poder llegar hasta aquí y terminar con éxito mi carrera universitaria, por nunca haberse alejado de mí y por escuchar siempre mis oraciones.

También quisiera agradecer a mi Padre y a su esposa Susana por todo el apoyo y paciencia que me tuvieron en estos meses tan difíciles, por sus oraciones y por sus sabios consejos no solo a lo largo de toda mi carrera, sino que de toda mi vida. Los quiero.

A ti Madre por todos tus consejos y apoyo que me has dado durante mis estudios, también te agradezco.

Un agradecimiento a las personas que estuvieron dándome todo su apoyo durante estos meses. Gracias a mis amigos por estar siempre pendientes, a Beatriz por su constante apoyo y confianza, a Otto con quien fue un verdadero placer haber trabajado y especialmente mi hermano y hermanas por aguantarme todo este tiempo.

Les agradezco de todo corazón.

Carlos Eduardo Caballero Morales

Dedicatoria

A mi bebé Maydelita, quien durante estos últimos años fue el mayor incentivo para finalizar mis estudios. Nunca te apartes de los caminos de Dios y confía siempre en su hijo, Jesús, él nunca te fallará.

Agradecimiento

No tengo palabras como agradecer lo que has hecho en mi vida. Aún me cuesta entender porque todo tuvo que cambiar siendo yo tan pequeño, pero ahora veo mas claro todo. Nunca me abandonaste durante mi carrera, desde el colegio hasta la Universidad has estado a mi lado y ahora me permites finalizar mis estudios. A mi Dios y Padre celestial... simplemente, gracias.

A mi Papi y mi Mami, por la confianza que siempre tuvieron en mi, por el amor que han dado en los momentos más difíciles y por todo el tiempo que han dedicado en cuidar a mi niña, permitiendo así que yo me dedicara de lleno a mis estudios... no saben cuanto los amo, infinitas Gracias.

Al viejo, gracias por todo, vos entendes. Te amo.

Por ser tan linda y comprensiva, y porque siempre confiaste en que triunfaría. Gracias CiP.

A todas aquellas personas que de una u otra forma estuvieron conmigo durante estos años, brindándome su amistad y apoyo. Seria muy difícil mencionarlos a todos, pero ustedes saben quienes son.

Finalmente, gracias Carlos... no mas palabras.

Otto Roberto Varela Tiznado.

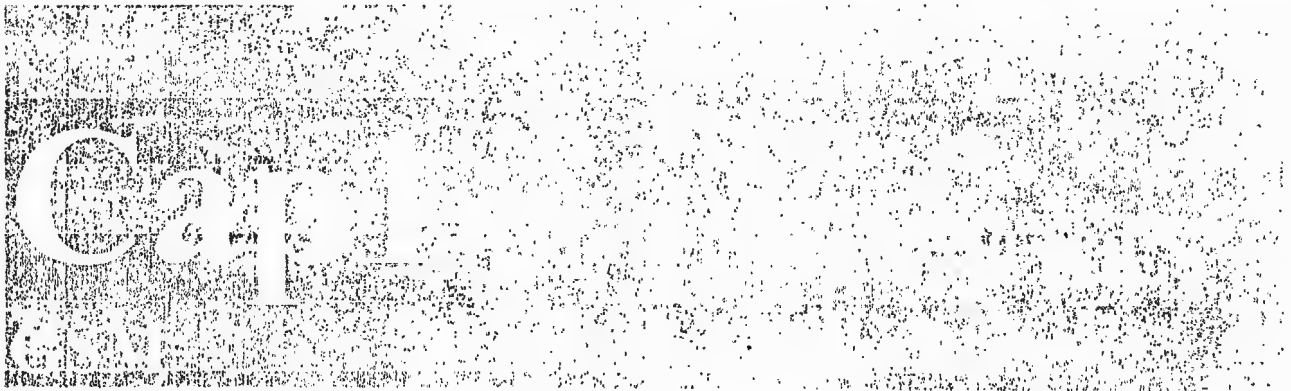
Estudio Monográfico sobre GSM y su **Evolución hacia 3G**

ParteI: Arquitectura y Funcionamiento de la red

INDICE

CONTENIDO	página
ParteI Arquitectura y Funcionamiento de la red	
Capitulo1 Arquitectura de la red GSM	1
1.1 Network Switching System (NSS)	3
1.2 Base Station Subsystem (BSS)	10
1.3 Mobile Station (MS)	19
1.4 Operation and Maintenance System (OSS)	23
Capitulo2 Interfaces y Protocolos	26
2.1 Modelado del sistema GSM	28
2.2 La interfaz Abis	30
2.3 Transcoder Controller (TRC)	33
2.4 La interfaz A	35
2.5 Interfaces del MSC	37
Capitulo3 La interfaz radio	39
3.1 Introducción a las técnicas de codificación de voz	41
3.2 Técnicas de acceso múltiples	47
3.3 Características de la transmisión TDMA	49
Capitulo4 Celdas y Areas de Ubicación	55
4.1 Celdas	57
4.2 Configuración de celdas	61
4.3 Areas de Ubicación	68
Capitulo5 Canales Lógicos	76
5.1 Canales lógicos y canales físicos	78
5.2 Canales comunes de difusión o broadcast (BCH)	80
5.3 Canales comunes de control (CCCH)	84
5.4 Canales dedicados de señalización (SDCCH)	87
5.5 Canales de trafico (TCH)	91

Capitulo6 Control de la llamada: establecimiento	97
6.1 Proceso de acceso a la red	99
6.2 Proceso de autenticación	103
6.3 Asignación de recursos para el seteo de la llamada	107
6.4 Establecimiento de la llamada	110
Capitulo7 Control de la llamada: mantenimiento	115
7.1 Supervisión del radio enlace	117
7.2 Power Control	119
7.3 Handover	121
7.4 Direct Retry	127
7.5 Frequency Hopping	128
ParteII Servicios, GPRS y 3G	
Capitulo 8 Servicios de GSM	137
8.1 Roaming	139
8.2 Short Message Service (SMS)	146
8.3 Servicios Suplementarios	151
Capitulo9 General Packet Radio Service (GPRS)	163
9.1 Arquitectura del GPRS	165
9.2 Características de la interfaz radio	169
9.3 Administración de sesiones, movilidad y enrutamiento	171
Capitulo10 Introducción a 3G	177
10.1 Concepto de Tercera Generación 3G	179
10.2 Sistemas CDMA de 3G	183
10.3 UMTS	187
BIBLIOGRAFÍA	198
ANEXOS	199



Introducción	2
1.1 Network Switching System (NSS)	3
1.1.1 Mobile Switching Center (MSC)	5
1.1.2 Home Location Register (HLR)	5
1.1.3 Visitor Location Register (VLR)	7
1.1.4 Gateway MSC (GMSC)	7
1.1.5 Authentication Center (AuC)	8
1.1.6 Equipment Identity Register (EIR)	9
1.1.7 Message Center (MC)	9
1.2 Base Station Subsystem (BSS)	10
1.2.1 Base Station Controller (BSC)	11
1.2.2 Base Transceiver Station (BTS)	13
1.3 Mobile Station (MS)	19
1.3.1 Mobile Equipment (ME)	20
1.3.2 Subscriber Identity Module (SIM card)	21
1.4 Operation and Maintenance System (OSS)	23
1.4.1 Sistema de facturación	23
1.4.2 Operation and Maintenance Center (OMC)	24
1.4.3 Concepto de PLMN	25

Cap1 Arquitectura de la red GSM

Introducción

El siguiente capítulo tiene como objetivo permitir al lector adquirir un conocimiento general de la arquitectura de una red GSM. Básicamente una red GSM, presenta una estructura no muy distinta a cualquier otro sistema celular. Sin embargo, debido a la cantidad de servicios que maneja y su afinidad en cuanto a aspectos de operación con las redes ISDN, el estándar GSM resulta ser muy complejo a la hora de querer comprender su funcionamiento en su totalidad.

Para poder hacer un estudio de la arquitectura de la red GSM, ésta se ha dividido en diferentes subsistemas, de los cuales se estudiarán sus características generales; así como de las principales funciones que realizan. Estos subsistemas pueden clasificarse en cuatro áreas de estudio que ayudarán al lector a tener una visión general de como esta estructurada una red GSM. Básicamente una red GSM se divide en cuatro áreas que son: el Sistema de Red de Conmutación o NSS (Network Switching Sistema), el Sistema de Estacion Base o BSS (Base Station Subsystem), la Estacion Móvil o MS (Mobile Station) y el Sistema de Operaciones y Mantenimiento o OSS (Operation Subsystem).

También se estudiarán independientemente cada una de estas áreas, haciendo énfasis en las principales funciones que realizan para que posteriormente, conforme se vayan tratando los diferentes aspectos de la red, el lector pueda integrar dichos subsistemas y comprender las funciones más complejas en su totalidad. El capítulo comienza dando una descripción del NSS, de sus principales funciones y de los elementos que la componen, posteriormente se estudiará el BSS, cuya función principal es la de administrar los recursos de radio de la red; luego, se abordará el tema de los móviles, se describirán los procesos que comúnmente realizan para la señalización con la red y el concepto de la tarjeta SIM. Por último, se hablará un poco acerca del OSS, cuyas funciones son la de supervisar y monitorear el comportamiento de la red.

1.1 Arquitectura del Network Switching System (NSS)

El principal objetivo del NSS, es el de administrar las comunicaciones entre los usuarios de una misma red GSM y con otros usuarios de otras redes (móviles o fijas). Dentro de la NSS las funciones de switcheo, son efectuadas por el Mobile Switching Center (MSC), la información de cada uno de los usuarios, así como de sus respectivos servicios por el Home Location Register HLR y por último, otras bases de datos como el VLR, EIR y AuC cuyas funciones se manifiestan al momento de la validación de un usuario a la red o durante una llamada. En la siguiente figura se ilustra el diagrama general de una NSS.

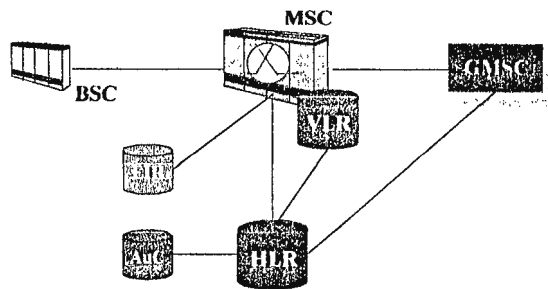


Figura Network Switching System

El NSS incluye los siguientes equipos:

1. MSC: Es un switch con interfaces con el BSS, con otros MSCs u otras redes externas.
2. VLR: Es un registro encargado del almacenamiento temporal de los datos del suscriptor, que se encuentran en el área de servicio del MSC correspondiente. Las funciones del VLR siempre están asociadas con las del MSC, por lo que nos referiremos a esta pareja como MSC/VLR.
3. HLR: Es un registro que almacena la información de los usuarios y los servicios a los cuales tiene derecho.
4. AuC: Es parte del HLR y su función es la de administrar la autenticación de los usuarios.
5. EIR: Es una base de datos manejada por el OSS para la autenticación de los terminales.

A continuación se detallan cada uno de estos componentes.

1.1.1 Mobile Switching Center (MSC)

Es un dispositivo de conmutación telefónico electrónico computarizado de gran capacidad. En la red GSM, como en cualquier otra red de telefonía móvil o fija, el switch es el corazón de la red. Es el nodo que controla las llamadas, tanto originadas por los MSs como hacia los MSs.

Las funciones primarias que realiza el MSC son básicamente 3:

Switcheo y enrutamiento de llamadas. Realiza las funciones de switcheo requeridas por los MS. El MSC monitorea la movilidad de sus usuarios y administra los recursos necesarios, para actualizar los procedimientos de registros de localización y realizar las funciones de handover. También, tiene como función el poder interconectarse con otras redes tales como: PSTN e ISDN. Las funciones de interconexión dependen del tipo de red a la cual se va a conectar y los tipos de servicios a ofrecer. En síntesis establece las conexiones de los circuitos entre dos usuarios.

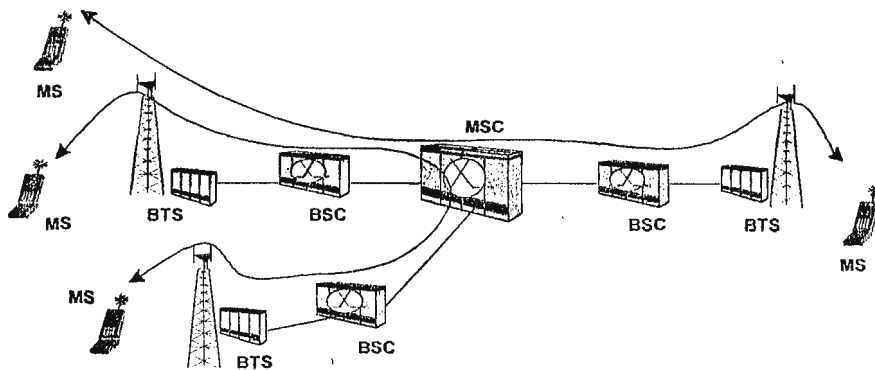


Figura. Switcheo y enrutamiento de llamadas

Recargos. El MSC posee funciones para el recargo de las llamadas móviles e información acerca de los tipos de recargos a aplicar a una llamada en cualquier momento y a cualquier destino. Almacena todos los detalles de las llamadas hechas y recibidas por los móviles, quien efectúa la llamada, el tiempo de establecimiento de la conexión para la llamada y los servicios utilizados. Esta información es guardada para ser enviada a los centros de facturación y proceder con los cobros.

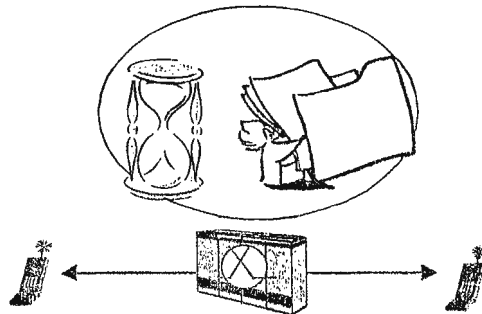


Figura. Funciones de recargo

Control de las Base Station Controller (BSC). Ya que el BSS actúa como la interfaz entre el MS y el NSS, el MSC tiene la función de controlar el nodo principal del BSS: el BSC. Cada MSC puede controlar a varios BSCs, dependiendo del volumen de tráfico en el área de servicio del MSC. Un MSC se puede comunicar con sus BSC, por ejemplo, para la inicialización de una llamada o para handovers entre dos BSC.

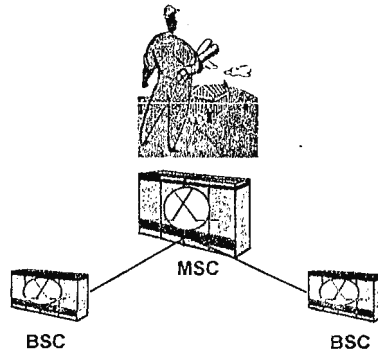


Figura. Funciones de supervisión de BSCs

Estas son básicamente las principales funciones que ha de realizar el MSC. Aparte de estas funciones, también, tiene otros roles tales como: la comunicación con otros dispositivos del NSS.

Comunicación con el HLR. Esto sucede durante la inicialización de una llamada de un MS, cuando el HLR solicita información de enrutamiento al MSC.

Comunicación con el VLR. Asociado con cada MSC esta un VLR con el cual se comunica durante el proceso de inicialización de una llamada para consultas temporales de la información de un suscriptor.

Comunicación con otros MSCs. Puede ser necesario para dos MSCs comunicarse durante la inicialización o para handovers entre celdas pertenecientes a diferentes MSCs.

1.1.2 Home Location Register (HLR)

El HLR es una red de base de datos centralizada, que almacena y administra todas las suscripciones de los móviles que pertenecen a un operador específico. Actúa como un almacenamiento permanente, para la información de suscripción de un usuario, que es constantemente consultado para permitirle su acceso a la red. Esta base de datos, no guarda información acerca del nombre del usuario o su dirección, esto se guarda en el sistema de facturación de la red que será descrito mas adelante.



Figura. Home Location Register

La información que almacena es la siguiente:

- Identificación del usuario: IMSI y MSISDN. Estos son números que la red utiliza para identificar a cada abonado y serán vistos en detalle en las secciones de la tarjeta SIM, el proceso de registro en la red y el establecimiento de la llamada.
- Servicios suplementarios del suscriptor. Aquí se detallan los servicios a los cuales el usuario tiene acceso, tales como: llamada en espera, servicios de mensajería corta, desvío de llamadas, etc.
- Clases de restricción. Restricciones acerca de los tipos de llamadas que el MS puede hacer.

La función primaria de un HLR es la administración de la base de datos de suscripción. Como una base de datos, el HLR debe ser capaz de procesar los datos rápidamente en respuesta a las peticiones de otros nodos de otras redes. Aunque un operador de red puede tener más de un MSC, la red usualmente solo utiliza un HLR, con el propósito de tener centralizada toda la información de todos los móviles de la red. Sin embargo, cuando la red ha alcanzado su máxima capacidad si se puede requerir de otro HLR.

Además, de estas funciones el HLR debe comunicarse con otros elementos del NSS para otros objetivos. Algunos de estos son:

Comunicación con el MSC. Cuando se hace el establecimiento de llamadas hacia un MS, el HLR debe comunicarse con el MSC que en ese momento sirve a dicho MS, para propósitos de información de enrutamiento.

Comunicación con GMSCs. Durante la inicialización de una llamada hacia un MS, el GMSC solicita información acerca de la ubicación del MS al HLR, el cual la provee en forma de información de enrutamiento. Además, cuando se termina una llamada, el HLR le informa que ya no hay necesidad de realizar enrutamiento de la llamada. Analizando los identificadores de los móviles (tales como el IMSI), un GMSC sabe cual HLR contactar a nivel mundial para un MS específico.

Comunicación con AuCs. Antes de cualquier actividad concerniente al cambio o uso de la información del suscriptor en cualquier proceso de la red, el HLR debe de validar los parámetros de autenticación del suscriptor en el AuC.

Comunicación con VLRs. Cuando un MS se mueve a una nueva área de servicio de un MSC, el VLR para dicha área solicita información acerca del MS al HLR del suscriptor. El HLR provee

una copia de los detalles del suscriptor, actualiza la información de ubicación del MS e indica al viejo VLR de borrar la información que tiene de ese MS.

1.1.3 Visitor Location Register (VLR)

El rol de un VLR en una red GSM es de actuar como una localidad temporal de almacenamiento de información para MSs que están dentro de un área de servicio de un MSC particular. Esto significa que, el MSC no tiene que contactar al HLR (que puede estar localizado en otro país) cada vez que el suscriptor utiliza un servicio o cambia su estatus. Es un registro cuya función es la de guardar dinámicamente la información de los usuarios, cuando éstos se encuentran localizados en el área de un VLR o luego de un *roaming*. Estos pueden estar relacionados con uno o varios MSCs.

La información del VLR incluye los siguientes parámetros:

- Mobile Subscriber Roaming Number (MSRN)
- TMSI
- Location Area (LA) donde el MS fue registrado.
- IMSI
- Dirección del HLR.

1.1.4 Gateway MSC (GMSC)

Para poder inicializar una llamada, ésta debe de ser ruteada hacia un gateway switch, conocido como un GMSC. Este está encargado de buscar la información de la ubicación del suscriptor y del enrutamiento de la llamada hacia el MSC en el cual el usuario llamado, obtiene el servicio. Para esto, debe en un principio encontrar el HLR correcto, conociendo solo el número del suscriptor. El GMSC tiene una interfaz con las redes externas para el direccionamiento de las llamadas hacia líneas fijas, así como con la red de señalización SS7 para la interconexión con otras entidades del NSS.

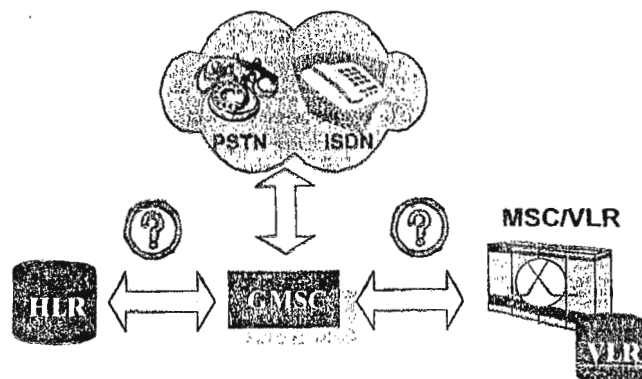


Figura. Funciones del GMSC

1.1.5 Authentication Center (AuC)

La función principal de un AuC es la de proveer información que es usada posteriormente por un MSC/VLR para realizar la autenticación del suscriptor y establecer procedimientos de cifrado en el enlace de radio entre la red y los MSs.

La información provista se conoce como *triple*te y consiste en:

- Un numero aleatorio (RAND)
- Una Signed RESponse (SRES)
- Una llave de cifrado (Kc)

En el momento de la suscripción (es decir, al momento de que se activa un usuario por primera vez en la red), a cada usuario se le asigna una llave de autenticación (Ki). La Ki se guarda en el AuC junto con el número IMSI del suscriptor. Ambos son usados en el proceso de generación de un triplete. El mismo valor Ki e IMSI son almacenados en la SIM.



Figura. Ki e IMSI

En el AuC, los siguientes pasos son realizados para generar un triplete:

1. Generación de un número aleatorio RAND.
2. Los valores RAND y Ki son usados para calcular el SRES y Kc, usando dos diferentes algoritmos, el A3 y A8 respectivamente.
3. Los valores RAND, SRES y Kc son enviados al HLR como un triplete.

En la siguiente figura se ilustra este proceso

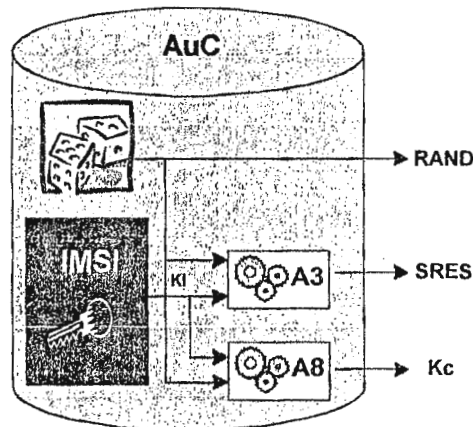


Figura. Generación de tripletes en el AuC

Este proceso será visto en un mayor detalle cuando se trate el tema de la autenticación de los usuarios.

1.1.6 Equipment Identity Register (EIR)

Este es un registro que contiene una base de datos que se utiliza para llevar el rastreo de los equipos móviles. Cada equipo terminal (TE) fabricado tiene un número serial único, el **International Mobile Equipment Identity (IMEI)**. El proceso de identificación del equipo usa este número, para asegurar que el equipo terminal del MS es válido. Básicamente el proceso de verificación consiste en los siguientes pasos:

1. El MSC/VLR solicita el IMEI del MS.
2. El MS le envía el IMEI al MSC.
3. El MSC/VLR envía el IMEI al EIR.
4. Este registro posee 3 listas las cuales examina, que son:
 - Lista Blanca: Contiene todos los IMEI que operan con normalidad.
 - Lista Negra: Contiene los equipos terminales que están defectuosos o que han sido robados.
 - Lista Gris: Contiene los equipos terminales que están a prueba.
5. El resultado es enviado al MSC/VLR el cual después decide si permitir o no el acceso a la red del equipo terminal.

En la siguiente figura se ilustra este proceso.

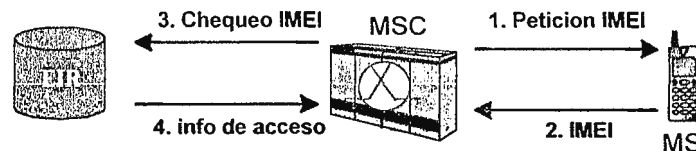


Figura. Identificación del equipo

1.1.7 Message Center (MC)

Un MC puede ser agregado a una red GSM para proveer uno o más de los siguientes servicios de mensaje:

- Voice mail
- Mensajes de texto Short Message Service (SMS)
- Mensajes de texto de SMS Cell Broadcast (SMSCB)

Estos servicios pueden generar grandes beneficios para el operador de una red ya que están volviéndose muy populares.

Voice mail. Asegura que todas las llamadas a una persona pueden ser completadas, aún cuando la persona no responda las llamadas. La parte llamante puede grabar un mensaje de voz para el suscriptor que esta llamando. El suscriptor es informado de que tiene mensajes de voz en su buzón de entrada, por medio ya sea de un mensaje de texto corto o una llamada de la red a intervalos de tiempo regulares. Si el MS se encuentra desconectado de la red, esta indicación es enviada al suscriptor cuando se conecte a la red.

SMS. Un mensaje corto de texto consiste hasta 160 caracteres alfanuméricos ingresados en un Short Message Entity (SME) tal como un MS (usando el teclado) o una computadora terminal. Un mensaje corto siempre se origina o termina en una red GSM, lo que significa de que un mensaje corto no puede ser enviado entre dos SMEs que residan fuera de la red GSM. El suscriptor que origina el mensaje, sabe si la entrega del mensaje ha sido realizada o no por medio de notificaciones. El componente de la red que maneja mensajes SMS también se conoce como un SMS Center (SMS-C). Cuando un mensaje ha de ser enviado a un MS, el sistema debe determinar en un principio la ubicación de MS. De manera similar que para el tráfico de voz, un gateway solicita información de enrutamiento. Este gateway se conoce como un SMS GMSC.

SMSCB. Este servicio permite la entrega de mensajes de hasta 93 caracteres alfanuméricos a todos los móviles conectados dentro de una misma celda. Esto puede ser útil para la identificación de números telefónicos claves en el área de la celda (ej: un hospital o el departamento de Policía).

1.2 Base Station Subsystem (BSS)

La BSS es el equipo encargado de proveer la cobertura de radio a todas las áreas geográficas prescritas dentro de una PLMN. Contiene el equipo necesario para comunicarse con los MS.

Las funciones que realiza el BSS son:

- Control. Efectuado por la Base Station Controller (BSC).
- Transmisión: Efectuado por la Base Transceiver Station (BTS).

La BSS es la responsable de todas las funciones relacionadas con la interfaz de radio tales como:

- Comunicación de radio con las unidades móviles.
- Handover de las llamadas establecidas entre celdas.
- Administración de todos los recursos de radio y los datos de configuración de las celdas.

Básicamente el BSS está constituido de dos partes que son:

- Base Station Controller (BSC). El BSC es el nodo central dentro del BSS y lleva el control de las BTS.
- Base Transceiver Station (BTS). Funciona como una interfaz entre los MSs y la red.

En la siguiente figura se presenta el diagrama del BSS

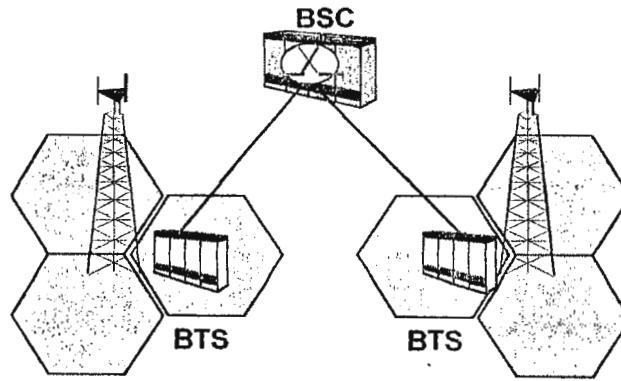


Figura Estructura del BSS

En los siguientes párrafos se describirán detalladamente las funciones de cada uno de estos elementos.

1.2.1 Base Station Controller (BSC)

El BSC controla la mayor parte de la red de radio. Su más importante función es la de asegurar la máxima eficiencia en la utilización de los recursos de radio. Provee control de las BTSs así como de los parámetros de radio de la red. Desde el punto de vista de la transmisión la BSC realiza la conmutación entre los canales de tráfico y los canales terrestres que se conectan a la red.

Las principales funciones de la BSC son:

- Administración de la red de radio
- Administración de las BTS
- Administración de la transmisión de la red
- Mantenimiento y operación interna de la BSC
- Manejo de las conexiones con los MSs

A continuación se explican cada una de estas funciones.

1.2.1.1 Administración de la red de radio

La administración de la red de radio incluye las siguientes funciones:

Administración de los datos de la red de la interfaz radio

- Descripción de las celdas (identidad de las celdas, número de canal de radiofrecuencia BCCH, niveles máximos y mínimos de potencia en las celdas, etc.)
- Datos de información del sistema.
- Datos de ubicación.

Mediciones de tráfico y de eventos

Número de llamadas realizadas, congestión, niveles de tráfico de una celda, niveles de tráfico de un MS, número de handovers realizados, número de llamadas caídas, etc.

Mediciones en canal desocupado

La BTS esta constantemente recolectando estadísticas de los MSs acerca de los niveles de potencia y la calidad de la señal. Estas estadísticas son luego utilizadas durante el proceso de asignación de canales de modo que sean los canales que tengan una menor interferencia los asignados para una comunicación.

1.2.1.2 Administración de la BTS

Las principales funciones en cuanto al control de las BTS son:

- Configuración de la BTS. Esto involucra la asignación de frecuencias para el uso de los canales y los niveles de potencia de cada una de las celdas en función de los equipos.
- Manejo de software de BTS. Involucra el control de la carga de programas en las BTSs
- Mantenimiento de equipo de BTS. Almacenamiento continuo de la información de los fallos ocurridos en las BTS.

1.2.1.3 Administración de las redes de transmisión

La red de transmisión para una BSC incluye los enlaces desde y hacia los MSC/VLRs y BTSs. Esto incluye el manejo de la interfaz de transmisión y provee funciones administrativas, de supervisión, test y localización de fallas hacia las BTSs. La BSC configura, asigna y supervisa, los circuitos de 64kbps de los enlaces PCM hacia las BTS (Interfaz Abis) así como su eficiente utilización.

1.2.1.4 Manejo de las conexiones con los MSs

Inicialización de la llamada

La inicialización de la llamada involucra los siguientes pasos:

- **Paging o llamado.** La BSC envía mensajes de paging hacia las BTS definidas dentro del área de ubicación donde se encuentra el movil buscado. La carga de tráfico en la BSC es consultada inicialmente antes de enviar un comando de paging hacia la BTS.

- **Señalización para inicialización.** Durante la inicialización de una llamada la conexión del MS es transferida a un canal de control asignado por el BSC para el intercambio de la información necesaria para el seteo de una llamada.
- **Asignación de una canal de tráfico.** Luego de una asignación de un canal de control, el proceso de inicialización de una llamada continúa con la asignación de un canal de tráfico por la BSC. Las funciones de radio son alertadas de que el MS ha de cambiar a un nuevo canal siempre y cuando éste no esté congestionado. En dado caso, existen procedimientos que permiten la utilización de canales en celdas vecinas.

Durante una llamada

Las principales funciones de una BSC durante una llamada son:

- **Control dinámico de potencia en el MS y la BTS.** La BSC calcula las salidas de potencia adecuadas para el MS y la BTS basado en las mediciones recibidas en los enlaces de subida y de bajada. Esto es enviado a las BTSs y a los MSs cada 480ms para mantener una buena calidad en la conexión.
- **Ubicación.** Las funciones de ubicación constantemente evalúan la conexión de radio del MS y de ser necesario la preparan para realizar un handover con otra celda. Esto implica una lista de las celdas candidatas para hacer un handover. Las decisiones son realizadas en base a los resultados de las mediciones del MS y la BTS.
- **Handover.** Si las funciones de ubicación proponen de que un handover tenga lugar, entonces la BSC decide con cual celda realizarlo y entonces comienza el proceso de handover.

Si la celda pertenece a otra BSC, el MSC/VLR debe de estar involucrado en el proceso de handover. Sin embargo en un handover, el MSC/VLR esta controlado por el BSC. Ninguna decisión es realizada por el MSC ya que no maneja información en tiempo real acerca de la conexión. Los procesos de handovers se detallarán mas adelante en los capítulos siguientes.

Salto de frecuencia (SFH). Dos tipos de SFH son realizados por la BSC.

- Salto en frecuencia en banda base: esto involucra saltos de frecuencias entre diferentes TRX de una celda.
- Salto en frecuencia sintetizado: éste involucra saltos de una frecuencia a otra en el mismo TRX de una celda.

1.2.2 Base Transceiver Station (BTS)

Una BTS esta compuesta por dispositivos de radio de transmisión y recepción, incluyendo las antenas y además de toda la señalización necesaria para la interfaz de radio. Los BTS pueden ser considerados como radio módems de una mayor complejidad con un poco mas de funciones.

1.2.2.1 Interfaces de la BTS

La ubicación y el número de BTSs depende de la topografía de la zona y del tráfico que ha de manejarse. Está en relación directa con:

- Los MSs a través de la interfaz de radio (Um). La interfaz de radio transmite tanto información de señalización como de tráfico y se dedicará una explicación más detallada de su funcionamiento en los siguientes capítulos.
- El BSC a través de la Interfaz Abis. Esta interfaz lleva información de control y del estado de la BTS así como información transparente (información del BSC o MSC que no es interpretada) y tráfico del usuario (voz o datos).
- Un reloj externo a través de la interfaz CLOCK I/O que permite a la BTS sincronizarse con un reloj externo (Modo Esclavo) o proveer un reloj de referencia para otra BTS (Modo Maestro).
- Alarmas externas a través de la interfaz External alarms I/O.

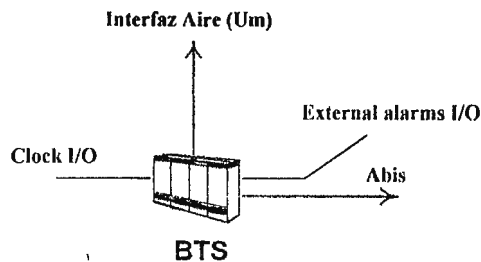


Figura Interfaces de la BTS

1.2.2.2 Topología

Como se mencionó anteriormente la ubicación y distribución de las BTS, está relacionada con las características topográficas de la zona así como de su ocupación. A continuación, se presentan algunos ejemplos de configuraciones de BTSs.

Estrella

En este tipo de topología las BTS están conectadas con los BSCs por medio de enlaces individuales de 2Mbps.

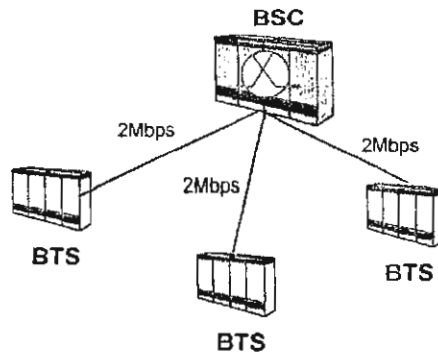


Figura. Configuración en Estrella

Anillo

En esta configuración el BSC está conectado a una primera BTS, la cual a su vez está conectada con una segunda y así sucesivamente hasta llegar a la última que está conectada de nuevo al BSC y así cerrar el anillo. Nuevamente todos los enlaces utilizados son de 2Mbps. Esta configuración tiene la ventaja de brindar redundancia a las conexiones de las BTS en caso de que se caiga un enlace.

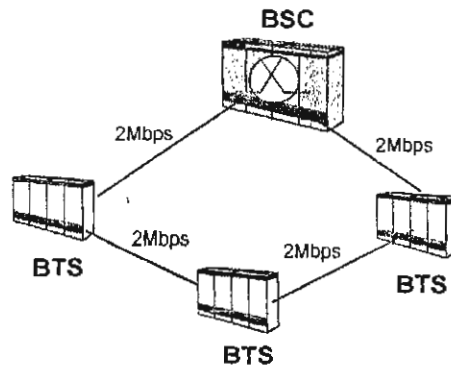


Figura. Configuración en Anillo

Las antenas por lo general se encuentran ubicadas a varios metros de distancia, instaladas en mástiles en una torre, y los racks se conectan a éstas por medio de cables o *feeders*. En la siguiente figura se ilustra esta estructura.

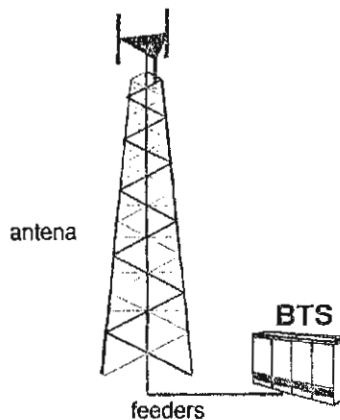


Figura. Antena y Feeders

Para la cobertura que tiene cada BTS se tiene un radio máximo de hasta 35km para GSM900 y de 2km para DCS1800 (debido a los radio transmisores de menor potencia). La parte más obvia de una celda GSM es la radio base y su torre de antena. Es común que varias celdas sean divididas en sectores, alrededor de una torre de antena común. A este proceso se le conoce como *sectorización* y se utiliza para densificación y proveer una mayor capacidad de tráfico en una celda. Para este diseño la torre tendrá varias antenas direccionales, cada una de las cuales cubre un área en particular. Esta co-ubicación de varias BTS en ocasiones se denomina sitio de celda o simplemente una radio base.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de sectorización.

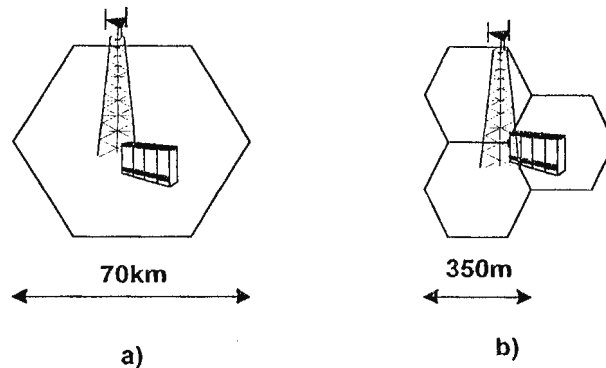


Figura Ejemplo de celda a) normal y b) sectorizada.

De esta manera se puede realizar una mejor densificación usando las técnicas de sectorización de modo de proveer una mejor cobertura en las zonas que manejen una mayor cantidad de tráfico. En la siguiente figura se muestra un diagrama general de cómo puede cubrirse una zona en base a las configuraciones de las antenas y los requerimientos del tráfico.

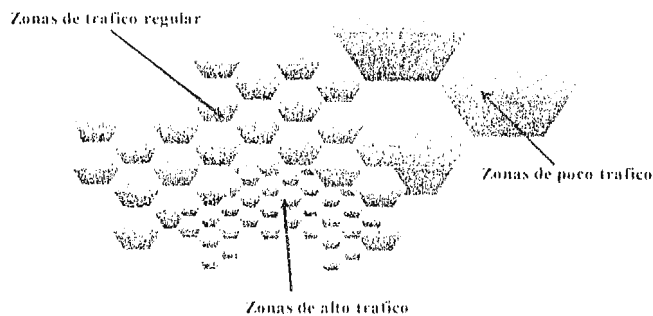


Figura. Ejemplo de densificación

Cada BTS contará con varios pares de Tx/Rx o módulos transmisor / receptor. El número de módulos determinará cuantos canales de frecuencia pueden ser usados en la celda y por consiguiente la cantidad de tráfico que puede soportar. Básicamente, una BTS de alta capacidad puede soportar hasta 24 portadoras o canales (8 TRX por sector, con 3 sectores), lo que resulta hasta aproximadamente en 177 comunicaciones simultáneas. En la siguiente figura se ilustra este ejemplo de densificación por medio de TRXs.

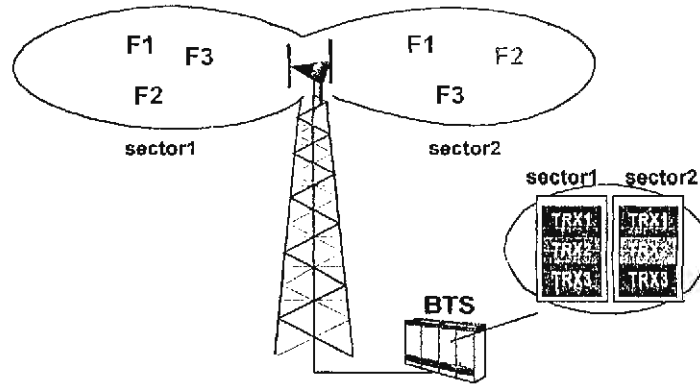


Figura TRXs

Los BTS están conectados a la BSC por medio de enlaces de microondas o de fibra óptica que se conocen como *Interfaz Abis*, que será descrita mas adelante. Típicamente de 20 a 30 BTS pueden ser controladas por una sola BSC.

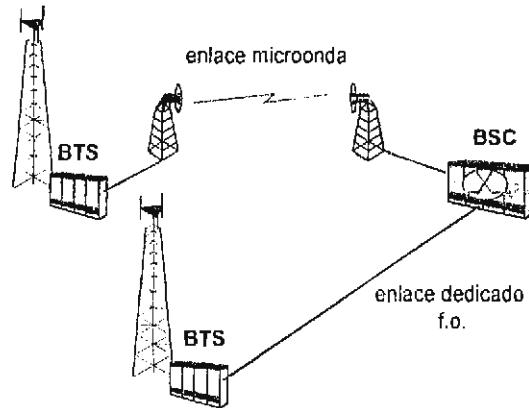


Figura. Enlaces entre BTS y BSC

1.2.2.3 Funciones

Las BTS proveen funciones de radio transmisión, de control y de banda base para una o más celdas (según sea su sectorización), así como dar soporte a la Interfaz Aire (Um) con el MS.

La BTS ejecuta las siguientes funciones bajo el control de la BSC:

- Recursos de radio
- Procesamiento de señales
- Sincronización
- Supervisión

Recursos de Radio.

La función principal de una BTS es la de proveer conectividad con los MSs a través de la Interfaz Aire (Um). Esto incluye los siguientes pasos:

1. *Configuración e inicialización del sistema.* La configuración del sitio involucra la carga de un software de la BSC y el seteo de parámetros previos a la puesta en marcha del sitio, incluyendo:
 - Frecuencias de transmisión y de recepción
 - Máxima salida de potencia
 - Base Station Identity Code (BSIC)
2. *Radio transmisión.* Para poder transmitir múltiples frecuencias usando la misma antena se necesita un arreglo de combinadores. También el control de potencia es realizado en el BSC.
3. *Radio Recepción.* Además de la recepción del tráfico en los canales de radio, una función primaria de la BTS es la detección de las solicitudes de los MSs para la utilización de un canal.
4. *Selección del canal de radio.* La BTS realiza mediciones de todos los canales para poder determinar cuales son los más aptos para ser utilizados tanto para tráfico como para señalización con los menores índices de interferencia.
5. *Preparación de handover.* Un proceso de handover siempre está iniciado por el BSC para poder mantener o mejorar la calidad de la llamada una vez que los canales han sido asignados. El proceso de handover está basado en las mediciones hechas por el MS y la BTS.
6. *Administración de los canales dedicados.* Estas funciones controlan la comunicación de radio entre la BTS y cada MS. Parte del control está realizado por la BTS, sin embargo la mayoría de la administración de los canales es llevada por la BSC. Para ello, la BSC hace uso de los reportes de mediciones efectuados por el MS y la BTS.

Las principales funciones de administración de los canales dedicados son:

- Control de potencia: Con el objeto de minimizar el consumo de potencia y la interferencia co-canal, el MS ajusta su potencia de transmisión a un valor aceptable mínimo. Este ajuste está basado en las mediciones de la potencia de la señal de ascenso efectuadas por la BTS.
- Timing Advance (TA): A medida que la distancia entre el MS y la BTS cambia, la transmisión de las ráfagas (bursts) debe permanecer alineada con los time slots asignados en la interfaz aire. Cada MS debe adelantar su tiempo de transmisión de cada ráfaga, con el objetivo de compensar los cambios sufridos en el fenómeno de retardo de propagación. Los cambios del TA para cada MS son calculados dentro de la BTS, el cual los envía al MS a través de los canales de control.

Procesamiento de señales.

La BTS es responsable del procesamiento de las señales antes de la transmisión y después de la recepción. Esto incluye:

- Cifrado
- Codificación de canal y entrelazado
- Ecuación adaptativa
- Modulación y Desmodulación
- Encriptamiento

Sin embargo, todos estos procesos serán explicados detenidamente mas adelante.

Sincronización.

La información de temporización es extraída de los enlaces PCM provenientes del BSC y se envía a unos módulos de temporización de la BTS. Esto permite a la BTS sincronizarse con la correcta frecuencia de referencia y el número de trama TDMA.

Supervisión.

También la BTS cuenta con funciones de supervisión y de prueba para comprobar su correcto funcionamiento, ya sea de manera automática o por medio de comandos enviados por el BSC.

1.3 Mobile Station (MS)

El MS es el equipo utilizado por los usuarios para acceder a los recursos de la red móvil. Generalmente, representa el único equipo que el usuario llega a ver de todo el sistema. Además de proveer las funciones de radio y de procesamiento para poder acceder a la red a través de la interfaz de radio, el MS debe proveer una interfaz para el ser humano (como un micrófono, un parlante, un display y un teclado para el manejo de las llamadas) o para otros equipos terminales (como una computadora personal) o bien para ambos.

El MS consiste en dos subsistemas independientes que son:

- Mobile Equipment (ME)
- Subscriber Identity Module (SIM)

En la siguiente figura se ilustran estos dos componentes.

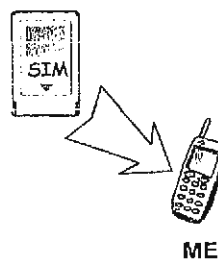


Figura Equipo terminal y tarjeta SIM

1.3.1 Mobile Equipment

Mediciones hechas por el MS

Las mediciones hechas por un MS son utilizadas en la toma de decisiones acerca de la potencia de la señal y los handovers. Estas mediciones son efectuadas tanto en los estados *desocupados* (cuando el móvil está encendido y no hace uso de ningún recurso de la red) como *activo* (cuando está en una comunicación).

Modo desocupado

La selección de una celda se da en el momento justo en que se enciende un MS. Los pasos a seguir son:

1. El MS hace un escáner de todos los canales de radio frecuencia en GSM y calcula un promedio de los niveles de cada uno. El móvil se sintoniza con la portadora más fuerte y determina si se trata de una portadora BCCH (Broadcast Common Channel).
2. El móvil también tiene la opción de incluir una lista en memoria de todas las portadoras BCCH de una PLMN (Public Land Mobile Network). En este caso solo necesitará buscar dichas portadoras. De no ser así se vuelve al paso 1.
3. Si ninguna portadora BCCH es encontrada el MS envía el mensaje "NO HAY RED" y ninguna llamada podrá ser realizada.

Una vez que el móvil se ha sintonizado con una portadora BCCH, es informado por la red de cuáles portadoras BCCH ha de monitorear para propósitos de reelección de celdas. Estas son conocidas como portadoras BCCH vecinas. Una lista de las portadoras más fuertes es constantemente actualizada por los MSs como resultado de estas mediciones.

Modo Activo

Durante una llamada el móvil continuamente reporta al sistema los niveles de potencia con los cuales está recibiendo la señal de la BTS. Ambas, la potencia y la calidad de la señal son medidas por los MSs. Estas mediciones son usadas por la BSC para tomar rápidas decisiones acerca de los handovers con las celdas vecinas.

Funciones de ahorro de potencia

Transmisión Discontinua (DTX)

DTX es un método para incrementar la eficiencia del sistema disminuyendo los niveles de interferencia y el ahorro de energía de las baterías de los MSs. Un MS con las funciones de DTX detecta la presencia de la voz como parámetro de entrada y enciende el transmisor, solo cuando la voz está presente. Cuando el MS detecta que no hay actividad alguna de la voz entonces apaga el transmisor. Cuando el MS detecta que la voz está ausente durante una conversación, envía una señal para reportar un estado de OFF para el canal de tráfico. Cuando el MS detecta la voz nuevamente envía una señal para reportar un estado ON para dicho canal. La señal para el estado OFF incorpora información acerca de un ruido de fondo que le indica a la BTS de generar un ruido blanco o "comfort noise" de modo que el otro usuario no crea que se ha caído la llamada al

ser apagado el transmisor. El MS envía esta señal periódicamente durante las pausas en el habla para que la BTS actualice dicha señal. A esta función se le conoce como **Voice Activity Detection (VAD)**.

Funciones de transmisión del MS

Como se ha descrito anteriormente el proceso de transmisión y recepción en el MS incluye los siguientes pasos.

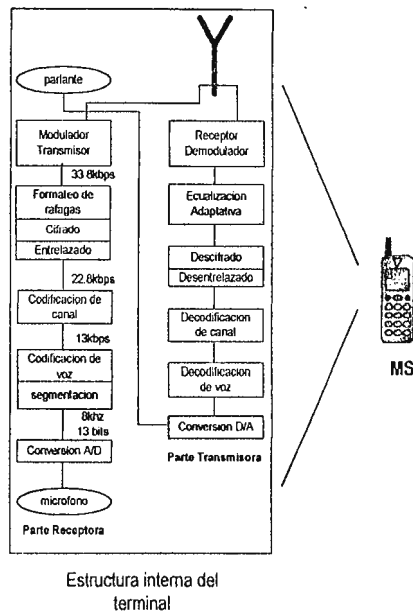


Figura Estructura interna del MS

Esta estructura se explicará en detalle cuando se abarque el tema de la transmisión dentro de la red GSM.

1.3.2 Subscriber Identity Module (SIM card)

Otro aspecto más significativo a destacar en la arquitectura de los MS, que marca la diferencia en el estándar GSM, es el concepto del módulo del abonado o Subscriber Identity Module (SIM) o simplemente tarjeta SIM. La tarjeta SIM es básicamente una tarjeta inteligente, bajo el estándar ISO, que contiene toda la información relativa al abonado del lado de la interfaz aire. Básicamente la SIM almacena 3 tipos de información relacionadas con el abonado:

- Datos fijos almacenados desde las fábricas. Entre algunos datos tenemos: el *International Mobile Station Identity (IMSI)*, *authentication key (Ki)* y los algoritmos de seguridad.
- Datos temporales de la red. Entre estos datos tenemos los Location Area de los suscriptores, información de las listas de PLMNs, etc.

- Servicios de datos, ej: selección de lenguaje, aviso de recargos etc.

En la siguiente figura se ilustra una tarjeta SIM



Figura. Tarjeta SIM

Características

GSM define un número de características de seguridad que son respaldadas por la SIM:

- Algoritmo de autenticación, A3
- Llave de autenticación del usuario, Ki
- Algoritmo de generación de la llave de cifrado, A8
- Llave de cifrado, Kc
- Control de acceso a los datos almacenados y a las funciones realizadas por la SIM.

Cada estación móvil es reconocida por la red por un único código de identificación denominado *International Mobile Station Identity (IMSI)*. Para personalizar los equipos con el fin de que puedan ser utilizados por varios usuarios, se utilizan las tarjetas SIM descritas anteriormente. Este chip almacena la identidad del usuario (el IMSI), así como el número de teléfono de acceso al móvil y la lista de servicios y facilidades a la que esta suscrito. Es la parte que realmente personaliza al teléfono móvil y se puede llevar con el usuario a cualquier parte e insertarla en un terminal en el extranjero (siempre y cuando se tenga habilitado el servicio obviamente). Además, para garantizar su seguridad, posee un número de identificación de 4 dígitos o *Personal Identification Number (PIN)* que el usuario tiene que introducir para que el teléfono pueda funcionar después de haberle insertado la tarjeta.

A continuación se detallan una serie de identificadores que tiene el MS

- Información administrativa: describe el modo de operación de la SIM, ej: normal o de prueba.
- Identificación de la tarjeta
- Tabla de servicios de la SIM: indica cuales servicios opcionales son provistos por la SIM, ej: ultimo número marcado, indicación de la duración de la llamada, selección de PLMN etc.
- International Mobile Subscriber Identity (IMSI): un identificador usado por la red para identificar al abonado.
- Información de ubicación: comprende el Location Area Identity (LAI), valor actual de los temporizadores utilizados para las actualizaciones de las ubicaciones, etc.

- Llave de cifrado (Kc) y número de secuencia de llave de cifrado.
- Lista de las portadoras que han de ser usadas para selección de celdas.
- PLMNs prohibidos

La información de ubicación, el Kc y el número de secuencia del Kc han de ser actualizados en cada terminación de llamada.

Además la SIM debe de ser capaz de administrar y proveer almacenamiento de acuerdo con los siguientes requerimientos de seguridad:

- Personal Identification Number (PIN)
- Indicador de PIN habilitado / deshabilitado
- Contador de error de PIN
- PIN Unlock Key (PUK)
- Contador de error de PUK
- Llave de autenticación del usuario (Ki)

El resto de la arquitectura del MS contiene el hardware necesario para proveer los medios de transmisión y señalización para poder acceder a la red tal y como se explico en la sección anterior.

1.4 Operation Subsystem (OSS)

El OSS contiene todas las partes de la red que son necesarias, para correr las operaciones y funciones diarias. Incluye todo el inventario de los sistemas, atención al cliente, centros de facturación y gateways para la transmisión de la información. También contiene un subsistema que se encarga del control y monitoreo de toda la red, el Operation and Maintenance Center (OMC) que se conecta con todos los sistemas de la red.

1.4.1 Sistema de facturación.

Almacena toda la información concerniente a las cuentas de los usuarios, tal como sus nombres, direcciones, planes de los contratos y los servicios a los cuales el abonado esta suscrito. Este sistema está en contacto directo con el HLR para cuando se desee crear alguna nueva cuenta o agregar algún servicio. Cuando se hacen actualizaciones a la cuenta de un suscriptor automáticamente se pasan al HLR por medio de un gateway. También, el sistema de facturación convierte los detalles de la información de las llamadas recolectadas por el MSC, en registros de facturación utilizados para crear las facturas telefónicas que son enviadas a los abonados.

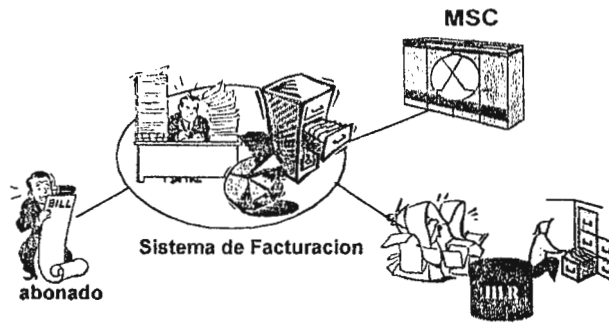


Figura Sistema de Facturación

1.4.2 Operation and Maintenance Center (OMC).

Es el centro de comando desde donde cada parte de la red es monitoreada. Está equipado con terminales computarizadas y alarmas donde se puede monitorear el estado de la red (fallas en el hardware y software de los equipos) así como de realizar cualquier cambio en alguna configuración del sistema. El OMC es autónomo y esta formado por estaciones de trabajo conectadas a un servidor el cual puede tener redundancia por razones de seguridad. Existen dos versiones del OMC que deben de estudiarse:

1. OMC-R (Radio). Se encarga de controlar todo el subsistema del BSS. Básicamente las funciones que realiza son:
 - Administración de las configuraciones de los parámetros.
 - Administración de las alarmas.
 - Administración del rendimiento de la red

2. OMC-S (Switch). Se encarga de controlar todo el subsistema del NSS. Básicamente las funciones que realiza son:
 - Administración de las suscripciones de los abonados (involucra al HLR y AuC)
 - Recargos de las llamadas

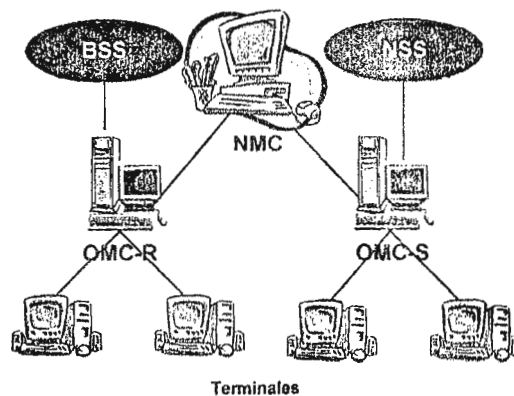


Figura. OMC-R y OMC-S

1.4.3 Concepto de PLMN

La **Public Land Mobile Network (PLMN)** es el área de servicio de un único operador de red. Es el área sobre la cual el operador ofrece la cobertura de radio de los MS y su acceso a todos los servicios de telecomunicaciones. En un mismo país pueden existir varias PLMNs cada una sirviendo a un diferente operador de red. Una red PLMN no puede establecer llamadas automáticamente, más que las llamadas locales entre los abonados móviles pertenecientes a la misma PLMN. En la mayoría de los casos la PLMN depende estrechamente de las redes alámbricas (PSTN, ISDN) para la terminación de las llamadas de usuarios que se encuentren fuera de la red móvil. La mayor parte del tiempo, los servicios ofrecidos a los usuarios son una combinación de los servicios de acceso de una red PLMN y los servicios ofrecidos por alguna red fija existente.

Los objetivos generales de una red PLMN son:

- Proveer a los usuarios de una amplia variedad de servicios y facilidades en cuanto a voz y datos que sean compatibles con los ofrecidos por las redes existentes fijas (PSTN, ISDN).
- Introducir un sistema radio móvil que sea compatible con ISDN.
- Proveer acceso a la red GSM de un usuario de otra PLMN que opera también con GSM.
- Proveer facilidades de *roaming* automático entre usuarios de dos PLMNs que operen con GSM.
- Hacer uso eficiente del espectro de frecuencia.

En la siguiente gráfica se ilustra los principales elementos de una PLMN que opera con el estándar GSM y como se relacionan con otras PLMNs.

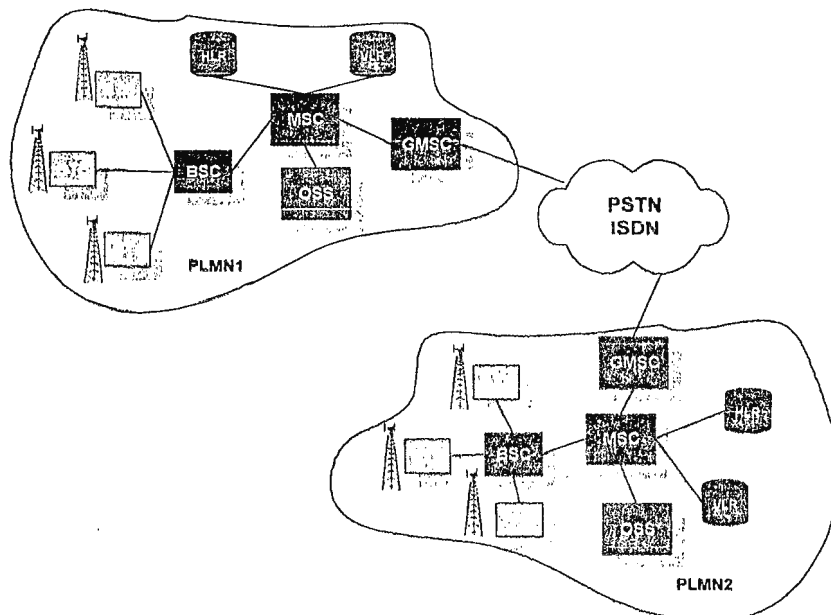


Figura. Elementos de una PLMN

Introducción	27
2.1 Modelado del Sistema GSM	28
2.1.1 Estructura por capas	28
2.1.2 Protocolos de señalización	29
2.2 La Interfaz Abis	30
2.2.1 Definición	30
2.2.2 Tipos de canales	31
2.2.3 Protocolos	32
2.3 Transcoder Controller (TRC)	33
2.3.1 Función	33
2.3.2 Transcodificación	33
2.3.3 Adaptación de velocidad	34
2.4 La Interfaz A	35
2.4.1 Modo no combinado	35
2.4.2 Modo combinado	35
2.4.3 Protocolos de señalización	36
2.5 Interfaces del MSC	37
2.5.1 Interfaces internas	37
2.5.2 Interfaces con redes fijas	38

Capítulo 2 Interfaces y Protocolos

Introducción

En el capítulo anterior se estudió la arquitectura de la red GSM basándose en la clasificación de los diferentes subsistemas que la conforman. Básicamente, fueron cuatro los subsistemas que pudieron identificarse: el Network Switching System (NSS), el Base Station System (BSS), el Mobile Station (MS) y el Operation Subsystem (OSS). En un primer acercamiento, el lector pudo tener una idea general de las principales funciones que realizan cada uno de estos sistemas de manera independiente, así como de la estructura de cada uno de éstos. Haciendo un repaso de lo visto anteriormente, el NSS es el sistema compuesto por el switch (MSC) y los diferentes registros (HLR, VLR, AuC y EIR) y cuya función es la de administrar las comunicaciones entre los usuarios dentro de la red móvil o hacia la red fija. El BSS es el sistema encargado de proveer a los usuarios de los recursos de radio necesarios para el establecimiento y mantenimiento de una llamada. El MS es el subsistema que está en contacto directo con el usuario y se compone del terminal móvil, el cual realiza las funciones de tratamiento de la voz y de la tarjeta SIM, la cual almacena la información propia al usuario y que se utiliza en el momento de la autenticación. Por último, pero no menos importante, está el OSS el cual administra y controla toda la red GSM y se encarga de la facturación de los clientes.

Sin embargo, saber como funcionan los principales sistemas de la red GSM no es suficiente. Es necesario para poder tener una idea general de cómo funciona en su totalidad la red, comprendamos como es que interactúan cada uno de estos subsistemas. Explicar el flujo de información entre cada uno de estos subsistemas será el enfoque del siguiente capítulo, el cual permitirá al lector, conocer como los subsistemas de la red GSM están interconectados el uno con el otro. A la interconexión física entre cada uno de estos componentes se le da el nombre de **interfaz** y la manera en como los subsistemas se ponen de acuerdo para el intercambio de información se conoce como **protocolo**.

En una primera parte, se hará una representación general de las principales interfaces y protocolos de la red GSM. Posteriormente se estudiarán las principales interfaces entre los diferentes subsistemas, tales como: la interfaz Abis entre la BTS y la BSC; la interfaz A entre la BSC y el MSC; la TRC que es una interfaz adaptadora de la velocidad de transmisión de los datos y por último las diferentes interfaces dentro del NSS. Asimismo, se mencionarán los principales protocolos que actúan en cada una de ellas y su aplicación en cuanto al tratamiento en el flujo de la información a través de la red.

2.1 Modelado del Sistema GSM

En la red GSM el flujo de información en forma de señalización o datos de los usuarios, está garantizado por el uso de diferentes protocolos estandarizados, que han sido mapeados según el modelo de referencia OSI (Open System Interconnection). Estos protocolos son requeridos para permitir el flujo de datos y señalización entre los diferentes subsistemas de la red. En la siguiente figura, se ilustran las diferentes interfaces que se utilizan para enlazar dichos subsistemas y los protocolos utilizados para garantizar su comunicación.

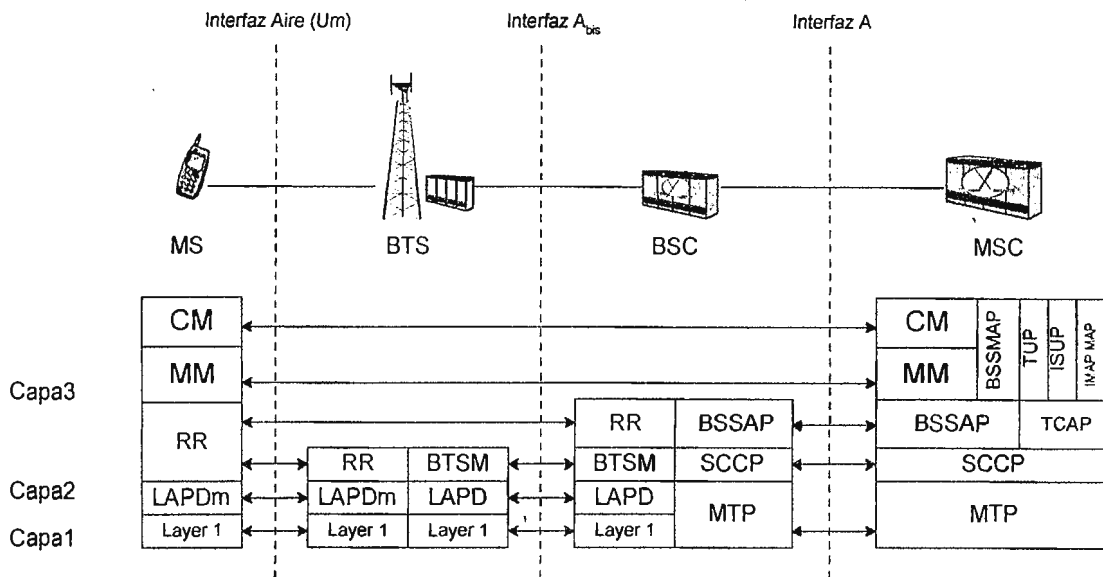


Figura. Modelado del Sistema GSM

2.1.1 Estructura por capas

Básicamente los protocolos pueden ser divididos en 3 capas que son:

- **Capa1: Capa Física**
 - Permite transmisión a nivel físico (TDMA, FDMA, etc.)
 - Asesoramiento de la calidad del canal de transmisión
 - A excepción de la interfaz aire, PCM30 o enlaces ISDN son utilizados en el resto de las interfaces.
- **Capa2: Enlace de datos**
 - Multiplexación de una o más conexiones de canales de control y señalización de la capa2.
 - Detección de errores (basado en HDLC)
 - Control de flujo de información.
 - Calidad en las transmisiones.
 - Ruteo
- **Capa3: Capa de red**
 - Administración de las conexiones (interfaz aire)

- Administración de los datos de ubicación de los usuarios.
- Identificación del suscriptor.
- Administración de servicios agregados (SMS, llamada en espera, transferencia de llamadas, etc)

2.1.2 Protocolos de señalización

2.1.2.1 Modelado por capas

Las capas Communication Management (CM), Mobility Management (MM) y Radio Resource (RR) corresponden a la capa 3 del modelo de referencia OSI y cada una de éstas tiene una función específica, en cuanto al intercambio de información entre dos o mas sistemas de la red. A continuación se explican cada uno de ellas.

CM. Esta capa permite la inicialización de las llamadas según sean requeridas por los usuarios. Sus funciones se dividen en 3:

- Control de llamada. El cual administra los servicios de los circuitos orientados a la conexión durante las llamadas.
- Administración de servicios suplementarios. Permite modificaciones y chequeo de la configuración de los servicios suplementarios.
- SMS (Short Message Services). Provee el envío de mensajes cortos punto a punto.

MM. Esta capa se encarga de mantener actualizada la ubicación de los móviles, así como de los procesos de autenticación y de cifrado.

RR. Esta capa se encarga del establecimiento y mantenimiento de una conexión estable, para una comunicación entre el MS y el MSC, sobre la cual se envían tanto datos de los usuarios, como de información. Esta capa también se encarga del control de la llamada, haciendo uso de diferentes técnicas para mantener una llamada, entre ellas los handovers. Sin embargo, éstos procedimientos serán vistos más adelante con mucho más detalle.

2.1.2.2 Protocolos de comunicación

A continuación se explicarán de manera general cada uno de los protocolos que intervienen en la comunicación entre los diferentes sistemas de la red que son: la interfaz aire (Um), la interfaz A_{bis} y la interfaz A.

LAPDm. Este protocolo de la Capa2 se utiliza para la comunicación en la interfaz aire. Este protocolo es una versión modificada del protocolo LAPD (Link Access Protocol for the ISDN D-channel). Las principales modificaciones son un requerimiento por la sincronización en TDMA y para los mecanismos de protección de errores al momento de su transmisión en el aire.

Base Transceiver Station Management (BTSM). Es un protocolo para la comunicación entre la BTS y la BSC por medio de la interfaz Abis, responsable del envío de mensajes de información acerca del estado de la conexión RR.

LAPD. Este es el protocolo ISDN LAPD (Link Access Protocol for the ISDN D-channel) que provee una transmisión libre de errores entre la BSC y el MSC.

Message Transfer Part (MTP). Este protocolo se divide en tres niveles los cuales se clasifican como:

- MTP nivel 1. Este es equivalente a la capa física del modelo OSI y define las características físicas, eléctricas y funcionales del enlace digital. Entre las interfaces físicas más comunes se encuentran el E1 (2048kbps; 32 canales de 64kbps), el DS1 (1544kbps; 24 canales de 64kbps), el V35 (64kbps), DS0 (64kbps) y DS0-A (56kbps).
- MTP nivel 2. Este es equivalente a la capa de enlace del modelo OSI y garantiza un flujo confiable de la información, en la transmisión punto a punto. Aquí se implementa control de flujo, secuencia de los mensajes y corrección de errores.
- MTP nivel 3. Este es equivalente a la capa de red del modelo OSI y provee el enrutamiento de los mensajes de señalización.

Signaling Connection Control Part (SCCP). Provee servicios de red orientados y/o no orientados a la conexión y una función específica conocida como Global Title Translation (GTT). Esta es una dirección o identificador (como un número de identificación del usuario), el cual es utilizado para el ruteo de la información hacia su destino.

BSS Application Part (BSSAP). Este protocolo da soporte a otros procedimientos entre el MSC y la BSC relacionados con el MS (administración de recursos de la red, control de handover, etc.) o con una celda dentro de la BSS.

Direct Transfer Application sub-Part (DTAP). Es un protocolo usado para la transferencia de mensajes entre el MS y el MSC que son transparentes para la BSS.

2.2 La Interfaz A_{bis}

2.2.1 Definición

Es la interfaz física que conecta la BTS con la BSC y que permite la transferencia de los datos del usuario y el intercambio de mensajes de señalización. Las BTSs y las BSCs están conectados de diferentes maneras según sea la ubicación y la disposición geográfica de la región. En algunos casos la interconexión se logra por medio de cableado cuando se tiene un fácil acceso al lugar donde esta la BTS. En otros casos estos enlaces no son rentables y se debe recurrir a otras configuraciones.

Básicamente se tienen dos tipos de configuraciones:

- Enlaces dedicados: Esto se logra por medio del uso de fibra óptica (usando la estructura de la red telefónica fija o los anillos periféricos) o cuando las distancias son demasiado largas.

- Enlaces de microonda: Cuando la BTS se encuentra en un lugar de difícil acceso (donde una interconexión por fibra no es rentable) que tenga línea vista y se disponga de un enlace de radio.

Esto se ilustra en la siguiente figura.

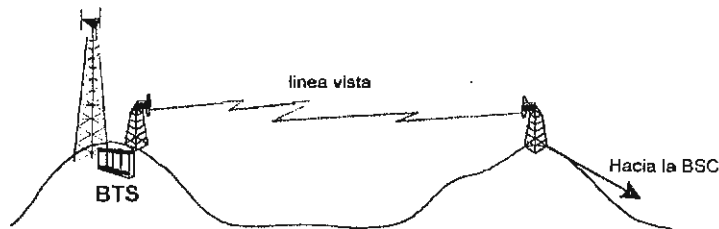


Figura. Enlace BTS-BSC (Abis) microonda

Las BTSs pueden estar conectadas en forma de estrella, cadena o en anillo. La conexión en estrella siempre es utilizada para BTSs que manejan un gran alto tráfico (zonas densamente pobladas) y que requieren de todo el ancho de banda del enlace. Las configuraciones en cadena o en anillo comparten el ancho de banda de la conexión Abis. En estas últimas, la señal Abis es ruteada a través de cada BTS donde es reconstruida antes de ser enviada a la siguiente. Si en dado caso alguna BTS se elimina, la conexión Abis deberá de ser “puenteada” para mantener la continuidad del enlace.

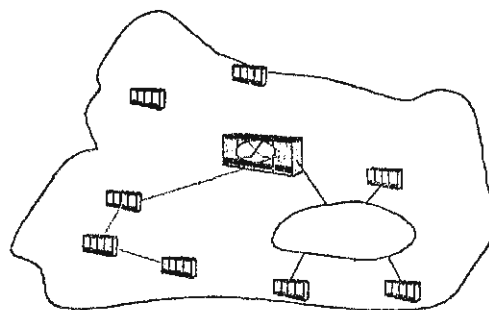


Figura Ejemplo de tipos de conexiones

2.2.2 Tipos de canales

Básicamente están definidos dos tipos de canales en la interfaz Abis. Estos son:

- Canales de tráfico: Pueden ser configurados en un formato de 8, 16 y 64kbps y transportan datos de los usuarios.

- Canales de señalización: Pueden ser configurados en formatos de 16, 32 y 64kbps y transportan mensajes de señalización entre la BTS y la BSC.

2.2.3 Protocolos

2.2.3.1 Clasificación por capas

Los protocolos utilizados según el estándar de referencia OSI son:

- **Capa1.** El estándar utilizado en el enlace físico viene dado por la recomendación ITU-T: El a 2048kbps, dividida en 32 time slots de 64kbps cada uno. Utiliza una trama PCM definida bajo el estándar G703/704 sobre el cual están configurados los canales de señalización a 16, 32 o 64kbps y los canales de tráfico a 16kbps.
- **Capa2.** El protocolo *LAPD* es usado como el mecanismo de transporte de información de señalización y datos entre la BTS y la BSC.
- **Capa3.** En esta capa opera el protocolo BTSM (BTS Management). Este se encarga del mantenimiento de las BTSs, por medio de los diferentes mensajes de señalización para su correcta operación. Básicamente, trata con la configuración de las BTSs para los procedimientos de conexión y desconexión de enlaces.

2.2.3.2 Estructura de la trama PCM (canal físico)

En la siguiente figura se ilustra la trama PCM definida bajo el estándar G703/704

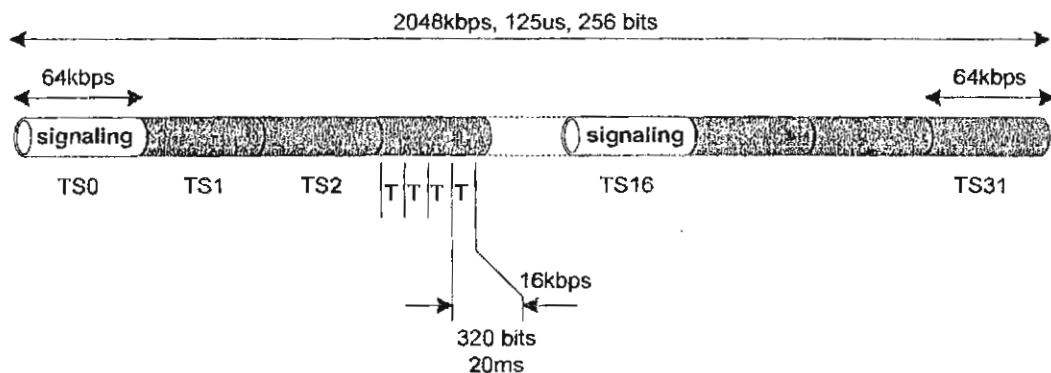


Figura. Trama PCM en la interfaz A_{bis}

2.2.3.3 Manejo del tráfico

La trama PCM tiene un ancho de banda de 2048kbps para el estándar europeo E1. Cada trama esta dividida en 32 time slots de 64kbps. Dentro de estas 32 time slots 2 están reservados para mensajes de señalización y los 30 restantes para tráfico. Los time slots que no están asignados para señalización son divididos en cuartetos de 16kbps. Cada uno de éstos cuartetos está dedicado a un canal de tráfico durante una llamada, posteriormente este es liberado. Por tanto cada time slot es compartido entre 4 canales de tráfico entre 4 diferentes llamadas. Cada portadora de radio requerirá entonces de 2 time slots de 64kbps para su máxima capacidad (8 llamadas por portadora). Esto proporciona un manejo total de 15 portadoras utilizando los 30 time slots de tráfico.

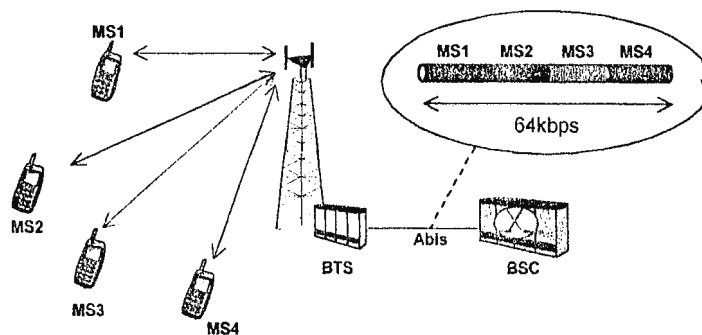


Figura. Multiplexacion de canales de tráfico

2.3 Transcoder Controller (TRC)

2.3.1 Función

La función principal de un TRC es la de proporcionar adaptación en la velocidad de datos de la red y transcoding.

2.3.2 Transcoding

Es el proceso de conversión de la información codificada en formato PCM a formato GSM para la codificación de la voz.

2.3.3 Adaptación de velocidad

La adaptación de velocidad involucra el proceso de conversión de la información que llega del MSC, a una velocidad estándar de 64kbps (norma ISDN) en una velocidad de 16kbps para ser enviada a la BSC. Estos 16kbps contienen 13kbps de tráfico y 3kbps de señalización. Esta función es muy importante en el sentido que, sin esta adaptación, los enlaces hacia los BSCs requerirían 4 veces las capacidades de transmisión. Reduciendo las velocidades a 16kbps, es posible utilizar un cuarto de los enlaces y de los equipos. Los TRCs contienen unidades que efectúan las funciones de adaptación de velocidad y transcoding, los Transcoder and Rate Adaptation Units (TRAUs).

Todos los TRAUs son constantemente poleados lo que significa que cualquier BSC conectado a un TRC puede hacer una petición para el uso de un TRAU para una llamada en particular.

El TRC también realiza transmisión discontinua (DTX). Si pausas en el habla son detectadas, un ruido blanco es generado por el TRAU en la dirección del MSC.

Existen dos opciones para la implementación de los TRC:

- **BSC/TRC.** Una combinación de BSC y TRC es recomendable para aplicaciones de mediana y alta capacidad, ej: redes urbanas y suburbanas densamente pobladas.

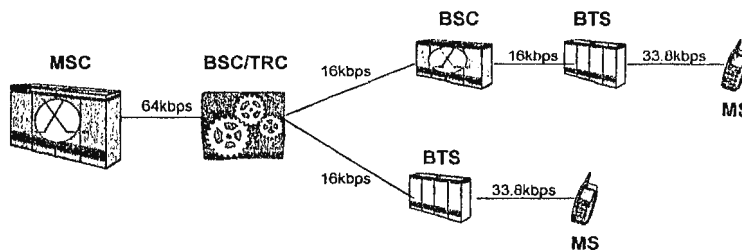


Figura Combinación BSC/TRC

- **Stand-alone BSC y stand-alone TRC.** El uso de un BSC sin TRC incorporado es recomendable para aplicaciones de mediana y baja capacidad y puede servir de complemento a la combinación BSC/TRC especialmente en áreas rurales. En estos casos el TRC está localizado cerca del MSC con el propósito de incrementar la eficiencia de la transmisión.

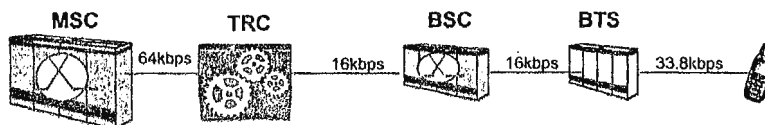


Figura. Combinación aislada de BSC y TRC

2.4 La Interfaz A

La interfaz A se sitúa entre la BSC y el MSC. Básicamente utiliza la misma estructura física que la interfaz Abis haciendo uso de una trama PCM bajo uno de los dos estándares: 2048Mbps (ITU-T:E1) o 1544Mbps (ANSI:T1). De los 32 canales disponibles dentro de cada trama 2 time slots son reservados para propósitos de control y de señalización, mientras que los otros 30 son dedicados para los canales de tráfico.

Podemos identificar dos configuraciones básicas según sea el diseño de la ubicación del TRC:

2.4.1 Modo no combinado

Si el MSC esta equipado con un TRC entonces los canales de tráfico son convertidos de 64kbps a 16kbps. Si el BSC no esta combinado con un TRC entonces los canales de tráfico son de 16kbps en la Interfaz A. En la siguiente figura se ilustra este proceso.

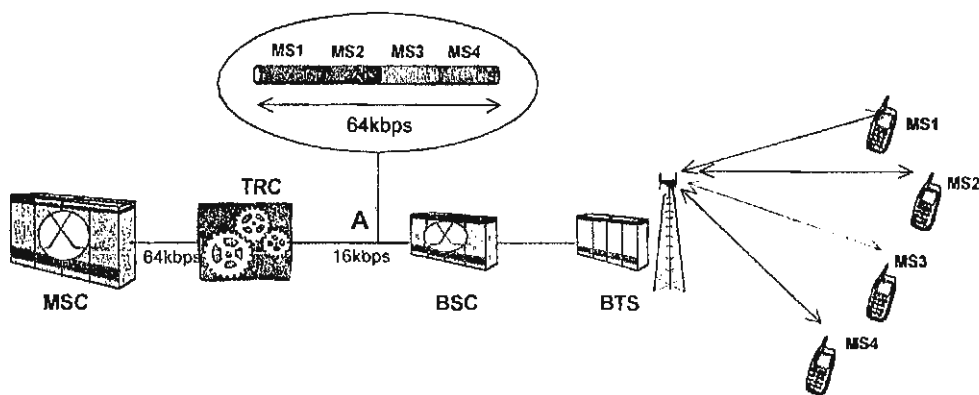


Figura. Interfaz A. BSC no combinado

2.4.2 Modo combinado

Si el BSC está diseñado en modo combinado y contiene el TRC los canales de tráfico utilizan un time slot completo en la trama PCM. Los canales de tráfico son de 64kbps. En la siguiente figura se ilustra este proceso.

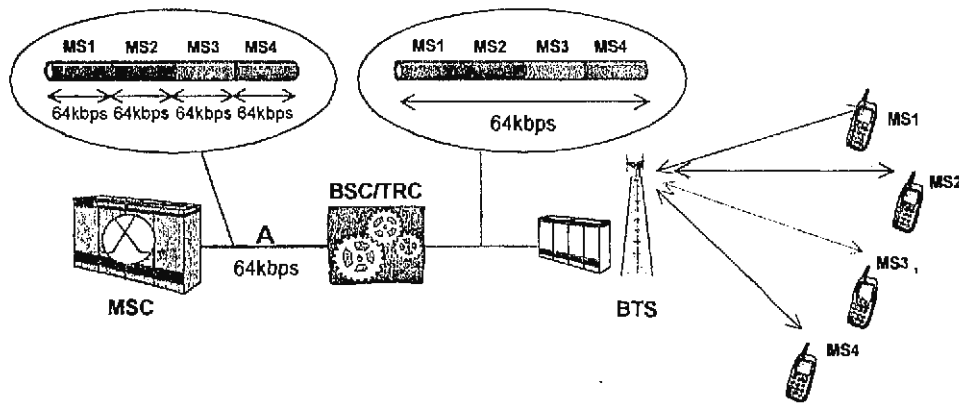


Figura. Interfaz A. BSC combinado

2.4.3 Protocolos de señalización

Los protocolos de señalización entre la BSC y el MSC están basados en el estándar Signaling System #7 (SS7). La señalización y control de dichos protocolos se transmite junto con los canales de tráfico en la trama PCM, en el time slots 16 (TS16) reservado para esta función.

Los siguientes protocolos son usados:

- **Capa1.** Es la conexión física entre la BSC y el MSC y esta basado en el enlace PCM descrito anteriormente.
- **Capa2.** Se utilizan los siguientes protocolos basados en el estándar SS7:
 - *Message Transfer Part (MTP).* Es responsable de la seguridad en las transmisiones entre la BSC y el MSC.
 - *Signaling Connection Control Part (SCCP).* Proporciona el direccionamiento global de los diferentes elementos de la red y así ofrecer un servicio de intercambio de información entre las capas correspondientes de cada uno de ellos.

Ambos realizan también soporte a algunas funciones de la Capa3. SCCP es utilizado para el transporte de DTAP y administración de la BTS (BSSMAP) asegurando así un flujo de mensajes orientados y no orientados a la conexión. Las conexiones pueden ser relacionadas con un MS en particular o un canal de radio.

Una conexión SCCP puede ser inicializada por un MS o un MSC e involucra los siguientes protocolos:

De parte del MS:

- MM: Petición de servicio CM
- RR: Respuesta a un mensaje de *paging*.
- MM: Petición de actualización de ubicación
- MM: Petición de reestablecimiento CM

De parte de la MSC:

- Inicio de un handover (BSSMAP: petición de handover)

El MSC siempre administra una conexión SCCP

- **Capa3** Contiene el protocolo Base Station System Application Part (BSSAP). Esta capa tiene diferentes capas del lado del MSC:
 - El Base Station Management Application Part (BSSMAP) es la contraparte del protocolo RR en la interfaz aire.
 - El Direct Transfer Application Part (DTAP) transmite los mensajes CC y MM de manera transparente a través de la BTS y la BSC.

2.5 Interfaces del MSC

2.5.1 Interfaces internas

Todas las interfaces que interconectan al MSC utilizan protocolos basados en el estándar SS7. Las interfaces B, C, D, F y G se conocen como interfaces MAP. Estas conectan ya sea el MSC con los diferentes registros o los mismos registros entre ellos.

En la siguiente gráfica se ilustran estas interfaces:

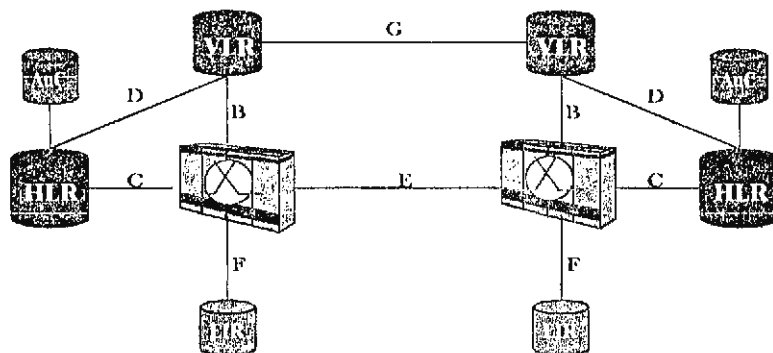


Figura. Interfaces del MSC

B. La interfaz B conecta al MSC con el VLR. Cada vez que el MSC quiere acceder a los datos correspondientes a un móvil localizado en su área interroga al VLR a través del protocolo MAP/B.

C. La interfaz C conecta al HLR con el GMSC. Para cada llamada hacia un móvil originada en una red fija (PSTN o ISDN) la información de enrutamiento es consultada en un gateway para

poder terminar la llamada. Para ello se utiliza el protocolo MAP/C que también sirve para enviar al HLR la información para la facturación de una llamada.

D. La interfaz D conecta al HLR con el VLR. Utiliza el protocolo MAP/D para el intercambio de información relacionada con la ubicación del móvil y la administración de la suscripción del usuario.

E. La interfaz E conecta 2 o más MSCs. Utiliza el protocolo MAP/E para el intercambio de información relacionado con handovers entre dos MSCs.

F. La interfaz F conecta el MSC con el EIR. Utiliza el protocolo MAP/F para verificar el estado del MS de la lista de los registros del EIR.

G. La interfaz G conecta dos VLRs de dos MSCs diferentes. Utiliza el protocolo MAP/G para la transferencia de información de los usuarios, durante el proceso de actualización de ubicación.

2.5.2 Interfaces con redes fijas

El protocolo SCCP provee transporte de mensajes no orientados a la conexión hacia y desde las bases de datos de la red GSM para los mensajes de TCAP y MAP.

Se pueden diferenciar dos tipos de conexiones:

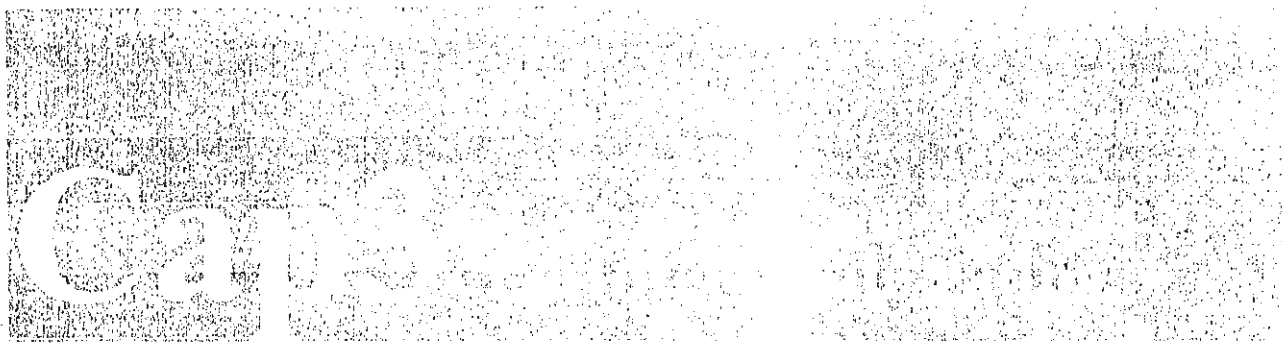
- Control de llamadas con establecimiento de circuitos: Se basa en los protocolos ISUP y TUP
- Control de llamadas sin establecimiento de circuitos: En esta parte, se usa el MAP permitiendo la implementación de funciones, como actualización de ubicación y roaming, entrega de mensajes cortos (SMS), handovers, autenticación e información del ruteo de las llamadas. El MAP se basa en el TCAP para la transferencia de información en tiempo real (entre MSCs, HLRs y VLRs).

Mobile Application Part (MAP). Se utiliza para el control de las solicitudes de las diferentes bases de datos en la red móvil. (HLR, VLR y EIR). También se encarga de la administración del acceso y la ubicación de los MS, handover MSC-MSC, funciones de seguridad, SMS y servicios suplementarios.

Transaction Capabilities Application Part (TCAP) Provee las funciones de intercambio de datos orientados a la no conexión entre las aplicaciones SS7. En las redes como GSM este protocolo se encarga de transportar los mensajes entre el switch y las bases de datos para procesos de autenticación, identificación de los equipos y roaming.

ISDN User Part (ISUP) Este protocolo se encarga del seteo, conexión, mantenimiento y desconexión de circuitos para el transporte de la voz y datos entre la parte llamante y la parte llamada. Este protocolo es utilizado tanto para redes ISDN como para PSTN. Sin embargo, para las llamadas que se inician y terminan en un mismo switch este protocolo no es utilizado.

Telephone User Part (TUP) Se utiliza de la misma manera que el ISUP con la diferencia de que se utiliza en redes analógicas.



Introducción	40
3.1 Introducción a las técnicas de codificación de voz	41
3.1.1 Conversión analógica digital	41
3.1.2 Segmentación y codificación de la voz	43
3.1.3 Codificación de canal	44
3.1.4 Entrelazado	45
3.1.5 Cifrado, encriptamiento y formateo de las ráfagas	46
3.2 Técnicas de acceso múltiples	47
3.2.1 Frequency Division Duplex (FDD)	47
3.2.2 Frequency Division Multiple Access (FDMA)	47
3.2.3 Time Division Multiple Access (TDMA)	48
3.3 Características de la transmisión TDMA	49
3.3.1 TDMA Transmisión pulsada	49
3.3.2 Estructura de las ráfagas	51
3.3.3 Estructura de las tramas	52
3.3.4 Plantilla de potencia frente al tiempo	54

Capítulo 3 La Interfaz de Radio

Introducción

En los capítulos anteriores se estudió la estructura general de la red GSM haciendo uso de los diferentes subsistemas que la conforman, tales como: el NSS, el BSS el MS y el OSS. También, se estudiaron las principales interfaces que interconectan a cada uno de estos subsistemas y que intervienen en el flujo de la información (datos del usuario y mensajes de señalización) a lo largo de toda la red. Sin embargo, existe una interfaz que merece un trato especial, debido a su complejidad y atención que requiere, ya que permite la interacción entre los usuarios y la red. Dicha interfaz se conoce como la Interfaz de Radio y será el objeto de estudio del presente capítulo.

La interfaz de radio es uno de los componentes más importantes dentro de las especificaciones GSM, ya que interconecta las estaciones móviles (MS) con la infraestructura física de la red. Es necesario tener claro dicho concepto, para poder lograr una entera compatibilidad entre las estaciones móviles de varios fabricantes y las redes de distintos operadores. Esta es la clave para uno de los principales objetivos en el diseño de la red GSM, como lo es el *MS-roaming*, permitiendo a los usuarios acceder a los servicios en diferentes países usando el mismo MS.

Otro de los puntos claves, es la eficiencia espectral del sistema celular ya que es un factor económico decisivo y esta determinado por la transmisión sobre la interfaz de radio. La importancia económica radica en el número de celdas necesarias para cubrir un área con un dado tráfico de llamadas de usuarios, con un determinado espectro radioeléctrico. Entre mayor sea la eficiencia del sistema, menor será el número de celdas a utilizar, lo que reduce así los costos de creación e instalación de nuevos sitios. La eficiencia espectral depende del número de llamadas simultáneas que se pueden soportar con el espectro disponible, de la inmunidad de las transmisiones y a las técnicas de reducción de interferencia.

Dos puntos muy importantes dentro del sistema de radio son: la transmisión de la voz y las técnicas de acceso a la red. El objetivo principal de todo sistema de comunicación es el de transportar la información del usuario. El primer servicio ofrecido por GSM es la voz. La interfaz de radio deberá de ser capaz de permitir la transmisión bidireccional de la voz, haciendo uso de técnicas de codificación. Este será el primer punto a tratar en este capítulo. El procesamiento de la señal de voz indica el tipo de modulación, codificación, técnicas de corrección de errores, etc., que se utilizan para transmitir los datos del habla digitalizados, a través de la interfaz de radio y reducir la interferencia en el uso del espectro.

Posteriormente, una vez comprendida la manera en como es procesada la voz del usuario, se verán las técnicas empleadas en GSM, para el uso eficiente de los recursos radioeléctricos de los móviles, tales como: **FDD**, **FDMA** y **TDMA**. Asimismo, se estudiará la manera como los datos son agrupados en estructuras físicas llamadas **tramas** y su utilización en el proceso de transmisión de la información.

3.1 Introducción a las técnicas de codificación de voz

3.1.1 Conversión Análoga a Digital

Una de las principales funciones de un MS es la de convertir la información análoga de voz en un formato digital, para su transmisión usando una señal digital. El proceso de conversión analógico digital (A/D), proporciona una colección de bits: unos y ceros binarios que representan la entrada del habla. En la siguiente figura se ilustra este ejemplo:

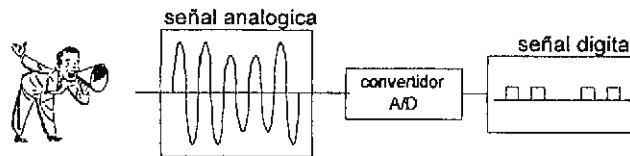


Figura. Conversión A/D

La conversión A/D es realizada usando un proceso llamado Modulación por Código de pulso o Pulse Code Modulation (PCM). PCM involucra 3 pasos principales:

- Muestreo
- Cuantización
- Codificación

Muestreo. El proceso de muestreo significa realizar mediciones de la señal analógica en intervalos de tiempo específicos. En la siguiente figura se ilustra el proceso de muestreo.

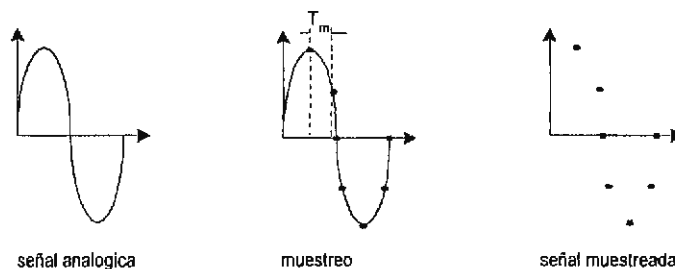


Figura. Muestreo de una señal analógica

La precisión de describir la señal analógica en términos digitales, depende de cuan seguido la señal es muestreada. Esto se conoce como frecuencia de muestreo. La teoría de muestreo especifica en términos generales que: *“para reproducir una señal analógica sin distorsiones, la señal debe ser muestreada por lo menos al doble de la frecuencia de la mayor componente en frecuencia de la señal analógica”*. Esto se conoce como criterio de Nyquist.

Normalmente, la voz contiene componentes de frecuencia menores que 3400Hz. Los componentes mayores concentran muy poca energía y pueden ser omitidos sin causar mayor pérdida en la calidad de la información. Aplicando la teoría del muestreo a las señales de voz análogas, la frecuencia de muestreo debería de ser por lo menos de $2 * 3.4\text{Khz} = 6.8\text{Khz}$.

Los sistemas de telecomunicación utilizan una frecuencia de muestreo de 8Khz, lo cual es suficiente para los requerimientos de esta teoría.

Cuantización. El paso siguiente es el de darle un valor a cada muestra. Por esta razón, la amplitud de la señal en el instante del muestreo, es medida y aproximada a un valor finito. En la siguiente figura se muestra el principio de cuantización aplicado a una señal analógica digital. Puede verse que un porcentaje de error puede agregarse en este proceso. El grado de precisión depende del número de niveles de cuantización utilizados. Dentro de la telefonía comercial, 256 niveles son usados mientras que en GSM son 8192.

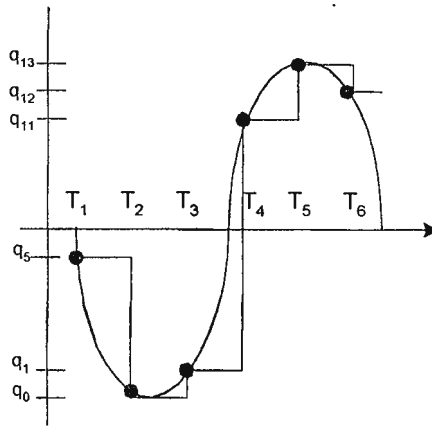


Figura. Ejemplo de cuantización

Codificación. Esta etapa consiste en la conversión de los valores cuantificados en valores binarios. Cada valor está representado por un código binario de 13 bits ($2^{13}=8192$). Por ejemplo, un valor cuantificado de 2157 tendrá un patrón de bits de 0100001101101 tal y como se ve en la siguiente tabla.

Bit	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Total
Fijado a	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	
Valor	0	2048	0	0	0	0	64	32	0	8	4	0	1	2157

Tabla. Codificación del valor cuantizado 2157

El resultado del proceso de conversión, son 8000 muestras por segundo de 13 bits cada una. Esto da una velocidad de 194kbps.

Cuando se considera que 8 usuarios utilizan un canal de radio, la velocidad global es de $8 * 104kbps = 832kbps$. Recordando la regla general de 1bit cada Hertz, esta velocidad no se ajustaría en los 200khz disponibles para cada uno de los 8 usuarios. La velocidad de bits debe de ser reducida de alguna manera, esto se logra utilizando la segmentación y codificación de la voz.

3.1.2 Segmentación y Codificación de la Voz

En la siguiente figura se ilustra el proceso que sigue la voz hasta que es transmitida a través de la interfaz aire.

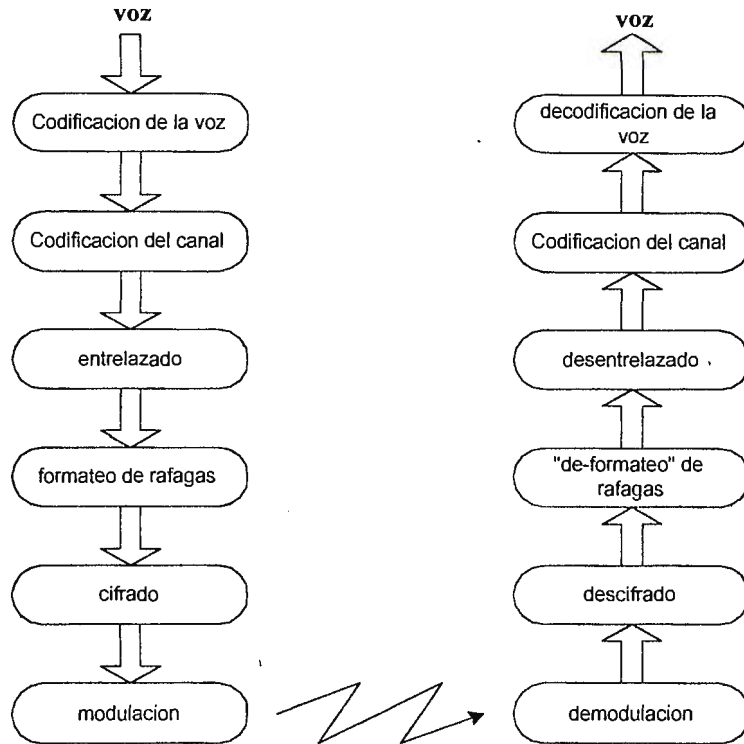


Figura. Procesamiento de la voz en GSM

La clave para reducir la velocidad de los bits, es la de enviar información acerca de la voz en lugar de la voz misma. En GSM, el proceso de codificación de la voz analiza las muestras de la voz y los parámetros de salida, de los cuales está formada la voz, tales como: el tono, longitud del tono, etc. Esto es luego transmitido hacia otro MS el cual reconstruye la voz basado en estos parámetros.

El proceso de segmentación y codificación se explica con más detalle en los párrafos siguientes.

El procesado de la voz humana comienza en las cuerdas vocales donde un tono es generado. La boca, la lengua, los dientes actúan como filtros cambiando la naturaleza de los tonos. El objetivo de la codificación en GSM es el de enviar información acerca del tono original y de sus filtros.

3.1.2.1 Segmentación.

Dado que los órganos de la voz son relativamente lentos en la adaptación a los cambios, los parámetros de los filtros que representan a los órganos de la voz, son aproximadamente constantes durante 20ms. Por esta razón, la codificación de la voz en GSM se hace cada 20ms. Esto es similar al muestreo de la voz a una velocidad de 50 veces por segundo en lugar de las 8000 veces usadas por los convertidores A/D. En la siguiente figura se ilustra este ejemplo.

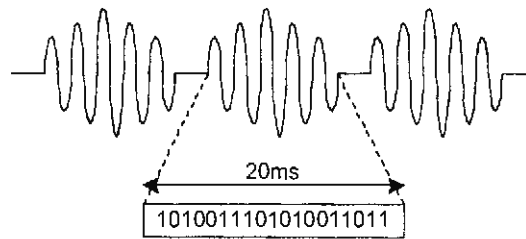


Figura. Segmentación y codificación.

3.1.2.2 Codificación

En lugar de usar 13 bits por muestra como en una conversión A/D, la codificación de voz en GSM utiliza 260 bits, lo que da una velocidad de $(50)(260) = 13\text{kbps}$. Esto provee una calidad de voz que es aceptable para la telefonía móvil y comparable con las líneas telefónicas de una PSTN. Cuando se considera que son 8 usuarios los que utilizan el canal, la velocidad global será de $8 \cdot 13\text{kbps} = 104\text{kbps}$. Esto representa una mejora comparado con los 832kbps de una conversión A/D.

Sin embargo, la codificación de la voz no considera los problemas que se encuentran en la trayectoria de radio. El próximo paso en el proceso de transmisión son la codificación de canal y el entrelazado que ayudan a sobrepasar estos problemas.

3.1.3 Codificación de Canal

Los 260 bits procedentes de la codificación de voz no se codifican tal cual, es decir, en el mismo orden en que fueron obtenidos. Sabemos que los bits más importantes necesitan mas protección que el resto, así que esos 260 bits se dividen en tres categorías que soportaran tres niveles distintos de protección.

- Clase 1a. Constituida por los 50 bits con mayor importancia.
- Clase 1b. Constituida por 132 bits.
- Clase 2. La forman los 78 bits restantes de menor importancia.

El primer bloque de los 50 bits es enviado a través de un codificador, el cual agrega 3 bits de paridad que son usados para detectar errores en los mensajes recibidos. El resultado es un bloque de 53 bits. Estos 53 bits, los 132 bits procedentes de la codificación y 4 bits de cola (para un total de 189 bits) son enviados a un codificador convolucional de relación 1:2 el cual provee a su salida 378 bits. Los bits de cola agregados por el codificador convolucional permiten la corrección de errores cuando los mensajes son recibidos. Los bits de la Clase 2 no son protegidos y se agregan a los 378 bits resultantes, dando al final de esta etapa una cantidad de 456 bits. En la siguiente figura se ilustra este proceso.

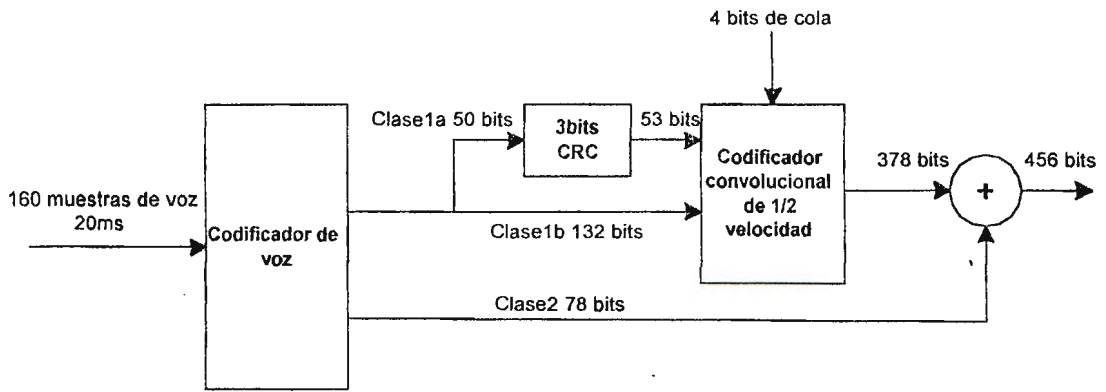


Figura. Codificación de canal en GSM

3.1.4 Entrelazado

Debido a que la codificación de canal en GSM no introduce una buena protección contra errores debido al desvanecimiento o caída de una señal, la técnica de entrelazado es utilizada en el lado del transmisor, para reducir la probabilidad de errores. El propósito del algoritmo de entrelazado es el de evitar las pérdidas de bits consecutivos de información. Los bloques de información son entrelazados en 8 paquetes cada uno conteniendo 57 bits. Tal y como se muestra en la siguiente figura:

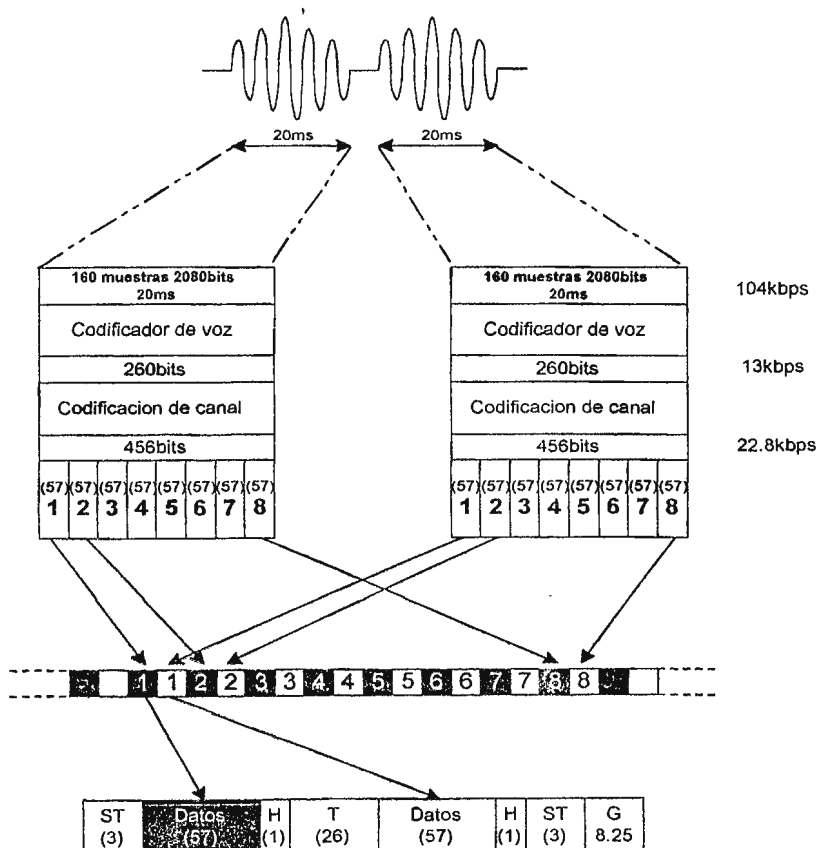


Figura. Entrelazado de bits

Cada sub-bloque de 57bits es transportado por una ráfaga y trama TDMA diferentes. Así, una ráfaga contiene información de dos bloques de 20ms de voz consecutivos. Esto garantiza suficiente redundancia para no perder toda la información al momento de que se pierda alguna trama.

3.1.5 Cifrado, encriptamiento y formateo de las ráfagas

3.1.5.1 Cifrado y encriptamiento

Entre las varias ventajas que tiene la transmisión en un sistema digital, la protección de datos contra fraude es una característica muy importante. Tal protección ha sido introducida en GSM por medio del cifrado. Un punto muy importante en la técnica del cifrado es que no depende del tipo de datos a ser transmitidos (voz, datos, señalización), se aplica solamente a las ráfagas normales.

El cifrado se realiza haciendo una operación “or-exclusiva” entre una secuencia pseudo-aleatoria y los 114 bits de una ráfaga normal. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de cifrado.

Texto :	0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1...
Secuencia de cifrado :	0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0...
Texto cifrado:	0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1...

Figura. Mecanismo de cifrado y descifrado

El proceso de descifrado sigue el mismo patrón, ya que al aplicar nuevamente una operación “or-exclusiva” a una secuencia cifrada da como resultado el mismo patrón de texto.

El algoritmo utilizado para generar la secuencia pseudo-aleatoria se conoce como A5. Este algoritmo no agrega ningún bit más a la ráfaga, lo que significa que tanto la entrada como la salida del proceso de cifrado, tienen la misma cantidad de bits : 456 bits en 20msg.

3.1.5.2 Formateo de ráfagas

Como se describió anteriormente cada transmisión de un MS/BTS, debe incluir alguna información extra, que permita al sistema sincronizar la señal recibida. El proceso de formateo de bits consiste en agregar estos bits (así como los bits de cola) a la información de voz o datos del usuario. Esto incrementa la velocidad de bits global, pero se hace necesario debido a que hay que afrontar ciertos problemas en la trayectoria de radio.

En GSM, la entrada al formateo de ráfagas son los bloques de 114 bits, provenientes de las etapas de entrelazado y cifrado. El formateo de bits agrega un total de 42.25 bits por bloque de 20msg, dando un total de 156.25 bits.

En la siguiente figura se muestra la estructura de una ráfaga.

ST	Datos	H	T	Datos	H	ST	G
(3)	(57)	(1)	(26)	(57)	(1)	(3)	8.25

Figura. Estructura de una ráfaga

Sin embargo, más adelante se hará un estudio más detallado de cada uno de estos bits. Por el momento, solo se considerará que la salida de esta etapa, consiste en una ráfaga de 156.25 bits cada 20ms de voz, lo que equivale a una velocidad global de bits en GSM de aproximadamente 270.9kbps.

3.2 Técnicas de acceso múltiples

3.2.1 Frequency Division Duplex (FDD)

GSM fue en un principio percibido como un sistema celular en la banda específica de los 900Mhz. Las frecuencias disponibles se dividen en dos bandas de 25Mhz cada una. La banda de 890 a 915Mhz se conoce como la banda del *enlace de ascenso* o *uplink*, es decir, la comunicación del móvil hacia la BTS y la banda de 935 a 960Mhz, como la banda del *enlace de descenso* o *downlink*, es decir, la comunicación en sentido de la BTS hacia el móvil. Para cada comunicación se tiene un espaciamiento mínimo de 45Mhz, lo que permite al móvil transmitir y recibir información al mismo tiempo sin problemas de interferencia entre ambos enlaces. En la siguiente tabla se ilustran las bandas utilizadas para los diferentes estándares GSM.

	Uplink	Downlink
GSM 900	890Mhz – 915Mhz	935Mhz – 960Mhz
E GSM	880Mhz – 915Mhz	925Mhz – 960Mhz
GSM 1800	1710Mhz – 1785Mhz	1805Mhz – 1880Mhz
GSM 1900	1850Mhz – 1910Mhz	1930Mhz – 1990Mhz

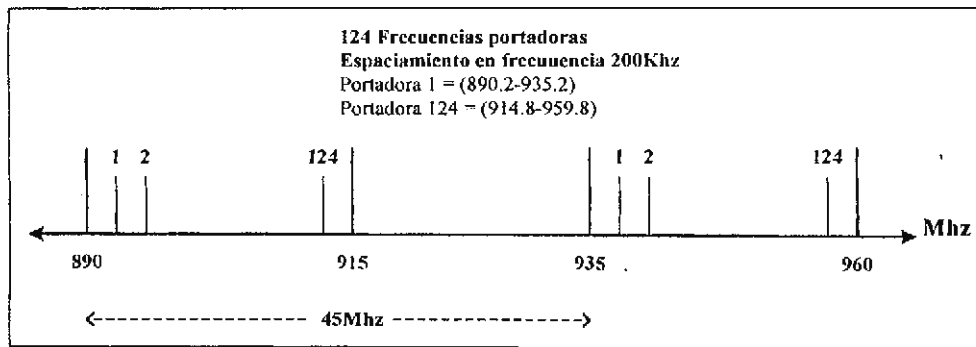
Tabla 2.1 Asignación de bandas para GSM

3.2.2 Frequency Division Multiple Access (FDMA)

Cada una de las bandas en GSM esta dividida en intervalos de 200Khz, lo que da un total de 124 diferentes frecuencias, conocidas como frecuencias portadoras en los 25Mhz, definidos para el estándar clásico GSM. A estas frecuencias portadoras se les conoce, según las especificaciones GSM, como ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number).

La división de las bandas para los enlaces de ascenso y descenso permite el emparejamiento sistemático de frecuencias entre bandas, para llevar a cabo la comunicación bidireccional que se mencionó anteriormente. A este emparejamiento se le conoce como Canal de Radiofrecuencia o RFCH (Radio Frequency Channel) y para el estándar GSM de 900Mhz, el primer canal que se

encuentra esta dado por la pareja 890.2/935.2Mhz. En la siguiente figura se muestra la partición del espectro radioeléctrico en las dos bandas y la asignación de los canales de radiofrecuencia.



a)

GSM 900	$n = \text{ARFCN}$	$1 \leq n \leq 124$
$F_{ul}(n) = 890\text{Mhz} + n(0.2\text{Mhz})$		
$F_{dl}(n) = F_{ul}(n) + 45.0\text{Mhz}$		
E GSM (Extended GSM)	$n = \text{ARFCN}$	$975 \leq n \leq 1023$
$F_{ul}(n) = 890\text{Mhz} + (n-1024)(0.2\text{Mhz})$		
$F_{dl}(n) = F_{ul}(n) + 45.0\text{Mhz}$		
GSM 1800	$n = \text{ARFCN}$	$512 \leq n \leq 885$
$F_{ul}(n) = 1710\text{Mhz} + (n-511)(0.2\text{Mhz})$		
$F_{dl}(n) = F_{ul}(n) + 95.0\text{Mhz}$		

b)

Figura a) Utilización del espectro radioeléctrico y b) Canales de radio

3.2.3 Time Division Multiple Access (TDMA)

Se utiliza la técnica TDMA para que todos los usuarios puedan hacer uso del canal de radiofrecuencia, de modo que puedan compartir los recursos de la red. Para ello cada una de las portadoras de 200khz de ancho de banda, ha sido dividida en el tiempo en 8 segmentos de 25Khz cada uno o TS (Time Slots), donde los usuarios pueden transmitir su información correspondiente de manera secuencial. En la siguiente figura se ilustra como se realiza esta multiplexación TDMA.

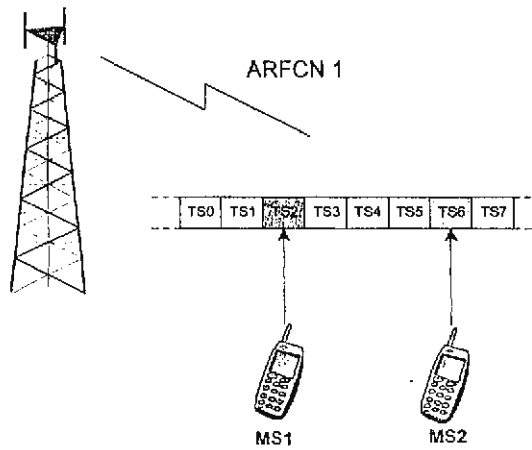


Figura . Multiplexación TDMA

3.3 Características de la transmisión TDMA

3.3.1 TDMA Transmisión pulsada

Además de la división en frecuencia, el sistema GSM emplea la multiplexación en el tiempo. Las técnicas TDMA suponen incrementar, considerablemente la complejidad del sistema, pero consiguen aumentar la capacidad y obtener una serie de ventajas adicionales sin necesidad de aumentar el ancho de banda asignado a cada usuario.

Cada radiocanal de 200khz se divide en el tiempo en ocho ranuras temporales numeradas del 0 al 7. El conjunto de estas ocho ranuras se conoce como trama TDMA y se va repitiendo sin interrupción en el tiempo, como se puede observar en la siguiente figura.

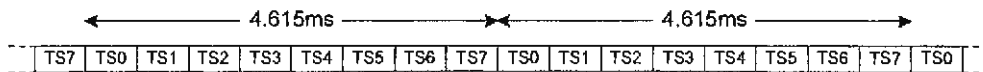


Figura. Trama TDMA

Cada una de las ranuras temporales se asigna a un usuario distinto, de forma que si a un móvil le corresponde, por ejemplo, la ranura número 2, transmite sólo en ese tiempo y permanece inactivo el resto de las ranuras de la trama, con el transmisor apagado. La transmisión de un móvil se realiza, por tanto, a ráfagas y por eso la señal transmitida durante la duración de una ranura temporal se le llama ráfaga o burst. Esto se muestra en la siguiente figura:

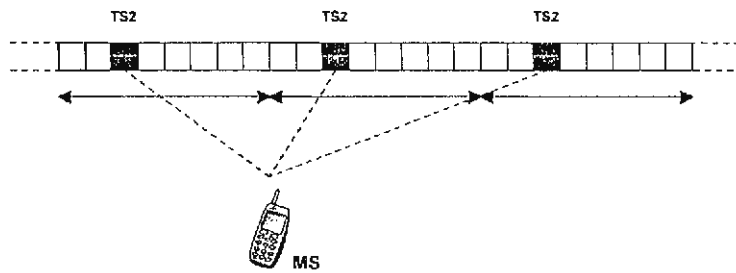


Figura. Utilización del Time Slot

La duración de una ranura temporal (o de un burst) es de $577 \mu\text{seg}$ y por tanto, una trama TDMA ocupará en el tiempo 4.615ms , ocho veces el anterior. Por otra parte, el período de bit en GSM es de $3.69 \mu\text{seg}$, de forma que la duración de un burst corresponde a 156.25 períodos de bits, tal y como se muestra en la siguiente figura:

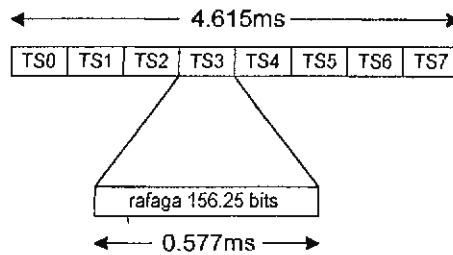


Figura Una ráfaga o burst

La asignación de 200kHz a cada radiocanal puede parecer grande comparada con los 12.5 a 30kHz que se asignan en los sistemas analógicos. Sin embargo, al aplicar la multiplexación temporal, cada canal efectivo de tráfico ocuparía en realidad $200/8 = 25\text{kHz}$. Aún así, podría pensarse que el sistema GSM no proporciona un aumento de capacidad, pero hay que tener en cuenta que un sistema analógico que pretendiera proporcionar la misma calidad, necesitaría aumentar notablemente el ancho de banda asignado a cada usuario.

Otra de las ventajas del uso de la técnica TDMA, es que el móvil no tiene por que ser capaz de transmitir y recibir simultáneamente y por tanto no necesita un duplexor. Basta con que posea unos filtros RF adecuados y unos equipos (sintetizador de frecuencias y antena) que pueden conmutar a suficiente velocidad. El resultado es que el terminal móvil es más barato y su batería puede ser más pequeña y/o durar más. Para ello, se ha establecido que la diferencia de tiempos entre la transmisión del móvil y la estación base sea de 3 ranuras temporales. En la siguiente figura se ilustra este concepto.

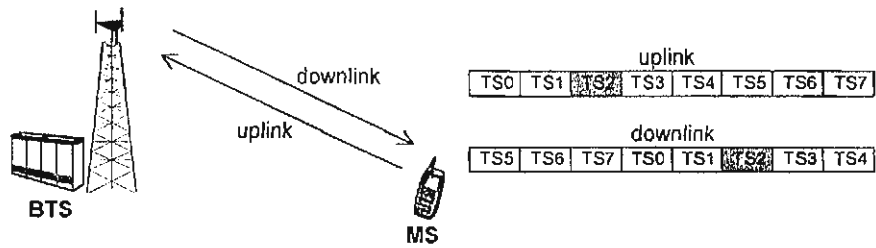


Figura. Canal duplex en el tiempo

3.3.2 Estructura de la ráfaga

En esta sección veremos el significado de los bits modulados que se transmiten en la parte útil de cada ráfaga o burst. Según su función existen cuatro estructuras de burst diferentes:

Burst normal se emplea para transportar la información de los canales de tráfico y de la mayoría de los de control.

cola (T)	Informacion	secuencia de entrenamiento	Informacion	cola (T)
3	58	26	58	3

Burst de corrección de frecuencia utilizado para la sincronización en frecuencia del móvil (canal lógico FCCH).

cola (T)	Informacion	secuencia de entrenamiento	Informacion	cola (T)
3	39	64	39	3

Burst de sincronización se usa para la sincronización del móvil en el tiempo (canal SCH)

cola (T)	bits fijos	cola (T)
3	142	3

Burst de acceso empleado en el proceso de acceso aleatorio del móvil y por tanto asociado al canal lógico RACH.

cola (T)	secuencia de entrenamiento	Información	cola (T)
7	41	36	3

A continuación se describe la estructura de un burst normal, que es el más utilizado en el sistema. La siguiente figura muestra un esquema de los diferentes grupos de bits que lo constituyen.

cola	Datos	S	secuencia de entrenamiento	S	Datos	cola	GP
3	57	1	26	1	57	3	8.25

Figura Estructura del burst normal

- *Bits de cola (T)*. Son 3 bits fijados a 0 al principio y al final del burst. Representan un tiempo de guarda y además sirven para establecer un estado inicial en el demodulador.
- *Datos codificados*. Estos dos bloques de 57 bits representan los datos, de usuario o de control, obtenidos tras el proceso de codificación. Por ejemplo, para el caso del canal TCH/F vimos que 20ms de voz daban lugar a 456 bits después de la codificación vocal y la de canal. Puesto que un burst se transmite (o recibe) cada 4.615ms, en 20ms da tiempo de transmitir 4 burst, es decir, $2 \cdot 57 \cdot 4 = 456$ bits, como era de esperar.
- *Flags de robo (S)*. Se trata de 2 bits que indican si la información que transporta el burst es de tráfico, o ha sido “robada” por el canal de control FACCH, para alguna señalización prioritaria. (como handover) En el primer caso estaría a 0 y en el segundo a 1.
- *Secuencia de entrenamiento*. Es una secuencia fija de 26 bits conocida tanto por el móvil como por la estación base. Permite a los receptores sincronizarse y sobre todo compensar el efecto de la propagación multicamino. Esto se hace a través de la ecualización de canal, elemento muy importante en el proceso de recepción, que será explicado posteriormente.
- *Periodo de Guarda (GP)*. Este bloque, más que un grupo de bits representa un tiempo de $8.25 \cdot 3 \cdot 69 = 30.4 \mu\text{seg}$, en el que tiene lugar la rampa de potencia que se vio en la plantilla de potencia frente al tiempo. Durante este tiempo no se transmiten datos y dos burst consecutivos de dos móviles podrían colisionar (uno con rampa ascendente y otro con rampa descendente).

3.3.3 Estructuras de las tramas

Como se ha comentado, una cierta portadora y una de las ocho ranuras de temporales de la trama TDMA definen un canal físico. Sobre ese canal físico puede viajar cualquiera de los canales lógicos que hemos visto, ya sea de tráfico (voz, datos) o de señalización. De una forma simple, podemos identificar el canal físico con el medio de transmisión y el canal lógico con el tipo de información que va por él.

La forma en que se distribuyen los canales lógicos sobre los físicos a lo largo del tiempo siguen un determinado patrón, con una jerarquía de tramas, multitramas, supertramas e hipertramas. Esta

organización es compleja, ya que depende de cada tipo de canal. Solo comentaremos brevemente como es la estructura de tramas del canal TCH/F que aparece en la siguiente figura.

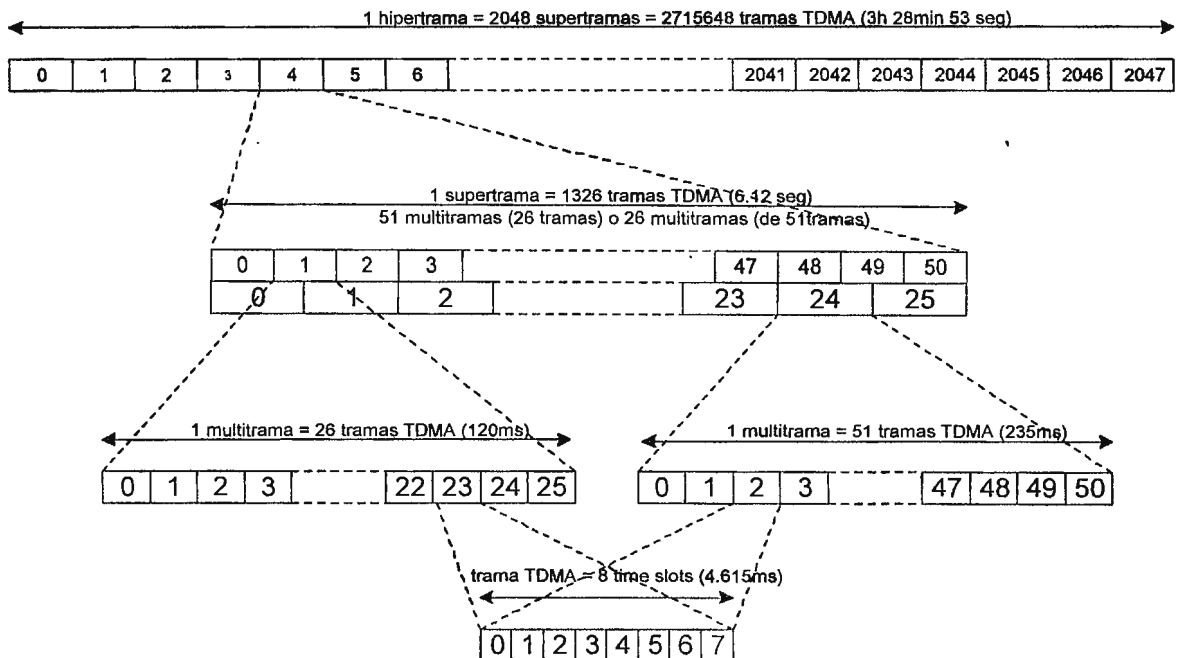


Figura. Jerarquía de tramas para el canal TCH/FS

La multitrama para TCH/F se compone de 26 tramas: las 12 primeras son de voz, la número 13 corresponde al canal lento de control asociado (SACCH), las 12 siguientes son de nuevo de voz, y en la última no se transmite nada (*idle frame*), destinándose para otras tareas como la monitorización de amplitud de señal de las celdas vecinas. La duración de esta multitrama es de $4.615 \times 26 = 120$ mseg. Cada 20 mseg de voz se generan 456 bits codificados, con lo que en 120 mseg tendríamos $6 \times 456 = 2736$ bits. Como cada trama o burst lleva $2 \times 57 = 114$ bits de información, para colocar estos bits harían falta $2736 / 114 = 24$ tramas de voz, que es exactamente las que hay en una multitrama.

Además de esta multitrama, existen otros tipos, que pueden ser formadas ya sea por tramas de tráfico (datos o voz), o bien por tramas de señalización. Todos los tipos de multitramas de tráfico están formadas por un total de 26 tramas de señalización, conteniendo tanto canales de tráfico, como canales de control asociados a los anteriores. Por otro lado, las distintas multitramas de señalización están formadas exclusivamente por canales de difusión y/o canales de control asociados o dedicados. Cada multitrama de señalización contiene 51 tramas.

Las supertramas pueden estar compuestas por 51 multitramas de tráfico o por 26 multitramas de señalización. Su duración ha de ser, por tanto, de $(51)(120 \text{ ms}) = 6.12$ seg. El último nivel de jerarquía, la *hipertrama*, se compone a su vez de 2048 supertramas, resultando una duración de 3h 28min 53seg 760mseg.

3.3.4 Plantilla de potencia frente al tiempo

Para que la conmutación on-off del transmisor no afecte a los móviles de las ranuras temporales adyacentes ni cree frecuencias impuras, existen unas especificaciones rigurosas acerca de cómo debe ser la potencia de la ráfaga a lo largo del tiempo. En la siguiente figura podemos observar la plantilla de potencia frente a tiempo que debe respetarse en la transmisión de un burst normal.

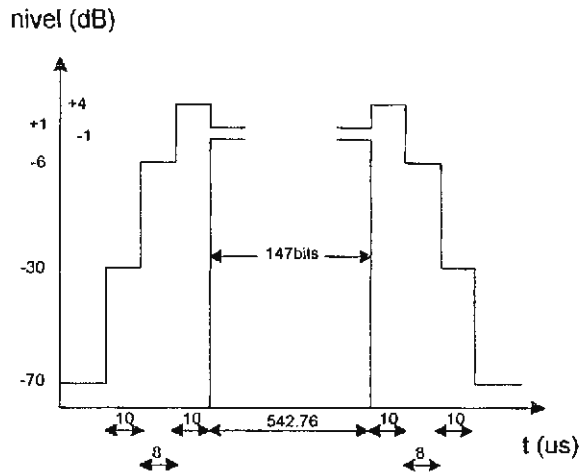


Figura. Plantilla de potencia frente al tiempo

Vemos que, al principio y al final del burst, en un tiempo solo de 28 μ seg, la señal ha de variar en un margen dinámico de casi 70dB. En estos intervalos no se transmiten bits útiles de información, solo se hace en la parte central de potencia constante, o parte “útil” del burst, de duración 542.8 μ seg (equivalente a 147 bits).

Cap 4

Ubicación

Introducción	56
4.1 Celdas	57
4.1.1 Concepto de celdas	57
4.1.2 Celdas utilizando antenas omnidireccionales	58
4.1.3 Sectorización	59
4.2 Configuración de Celdas	61
4.2.1 Entorno Convencional de Celdas	61
4.2.2 Entorno Jerarquico de Celdas	63
4.2.3 Entorno Multibanda de Celdas	67
4.3 Áreas de Ubicación	68
4.3.1 Localización de un móvil	68
4.3.2 Concepto de Área de Ubicación	69
4.3.3 Identificación de las Áreas de Ubicación	70
4.3.4 Actualización de Ubicación	72
4.3.5 Consideraciones a la hora de establecer las LA	74

Cap4 Celdas y Áreas de Ubicación

Introducción

En los capítulos anteriores hemos visto los elementos que conforman una red GSM, así como la función que ellos realizan y la manera en como se interconectan para el intercambio de información. Posteriormente se describieron las principales interfaces utilizadas por el sistema para transmitir la información de los usuarios.

Se dió especial énfasis a la interfaz aire, ya que por medio de ella se da la comunicación entre el móvil y la red GSM.

Poder convertir los datos del habla en información digitalizada para poder transmitirla al aire, es igual de importante como hacerla llegar al móvil deseado. Esto se logra determinando la correcta ubicación del móvil en el área geográfica de la PLMN.

En este capítulo se estudiará la forma como hace el sistema para encontrar dentro de la cobertura de la red un móvil en particular. Para esto se define el concepto de **celda** utilizado por GSM, que es el área de cobertura de una BTS. Asimismo, se define el concepto de **Location Área (LA)** o área de ubicación, que es una agrupación estratégica de celdas que se utiliza en la red para poder determinar la ubicación de un móvil.

Se describe además, las diferentes configuraciones de celdas que permite GSM, adaptándose a las necesidades de manejo de tráfico del operador. También en el tema de áreas de ubicación se explica como hace el sistema para localizar de manera efectiva a un móvil a la hora del establecimiento de una llamada, así como el proceso de **Location Update (LU)** o Actualización de la Ubicación que se da cuando un móvil cambia de LA.

4.1 Celdas

4.1.1 Concepto de celda

Una red GSM se comunica con los móviles por medio de la BTS a través de la interfaz aire. Debido a que la potencia de transmisión de la BTS es limitada, y a que ocurren pérdidas de la señal por la propagación en el espacio, se limita también la distancia a la cual el móvil se puede comunicar de manera efectiva con la BTS. Es por esto que al área en la cual se puede establecer comunicación entre la BTS y el móvil se le denomina *Área de Cobertura*. En un mismo sitio pueden haber más de una BTS, por esto, al área de cobertura de todas las BTS de un sitio se les denomina "*CELDA*".

Para diferenciar las celdas dentro del sistema se les asigna un número de identificación denominado "*Cell ID o CF*" (identificador de celda).

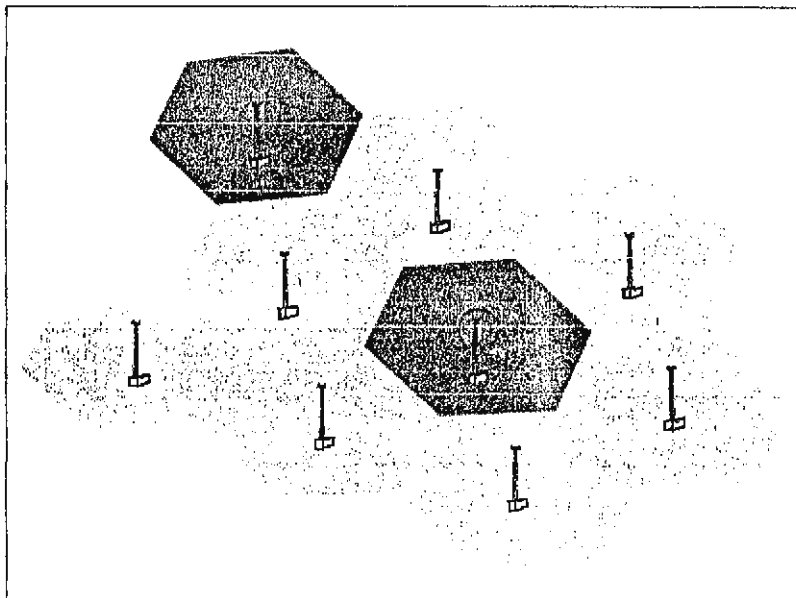


Figura. Grupo de Celdas

El tamaño de una celda determina el área de cobertura y depende de:

El Tipo de Antena: actualmente existe una gran cantidad de antenas (omnidireccionales, direccionales, antenas con diferente ángulo en el haz de propagación, etc), todas con diferentes características radioeléctricas (ganancia, patrón de radiación, inclinación eléctrica, etc). Por lo que, si elegimos una antena con mayor o menor ganancia, el tamaño de la celda será también mayor o menor. Relacionado con el tipo de antena se encuentra el valor de inclinación mecánica que se le dé a la antena, a mayor inclinación hacia el suelo, se reduce el tamaño de la celda

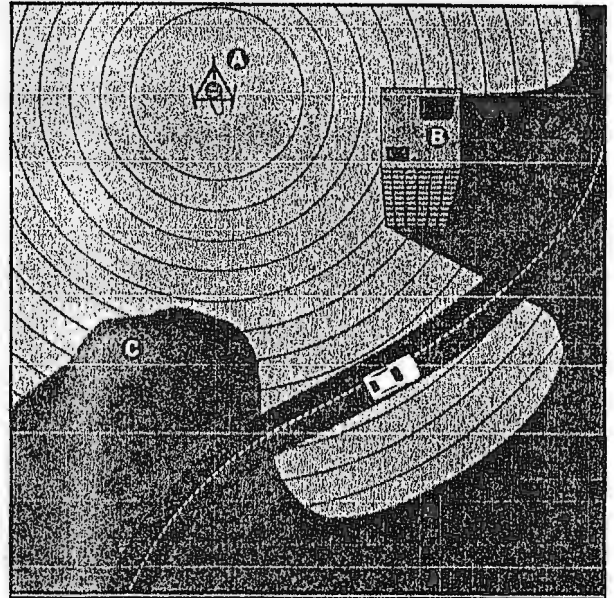
La Potencia de Transmisión: Si se incrementa o reduce la potencia de transmisión de la BTS, de igual manera se aumenta o reduce el área de cobertura de la celda. Esta habilidad

de modificar el tamaño de las celdas por medio de la potencia de transmisión de los TRX, permite la implementación de celdas concéntricas.

Obstáculos: los obstáculos, ya sean naturales (montañas) o artificiales (edificios), pueden influir de manera considerable en limitar el área de cobertura de una celda. Estos obstáculos muchas veces son favorables, sobre todo en aquellos caos en los que se requiere limitar el área de cobertura de una celda con el fin de evitar interferencias.

En esta ilustración se muestra un ejemplo de como puede ser limitada el área de cobertura de una celda debido a los obstáculos.

- A. Área de Cobertura
- B. Obstáculo Artificial (Edificio)
- C. Obstáculo Natural (Montaña)



4.1.2 Celdas utilizando antenas omnidireccionales

La forma más sencilla de implementar una celda, es haciendo uso de una antena omnidireccional. De esta forma, se logra brindar cobertura alrededor de la torre sin mayor esfuerzo.

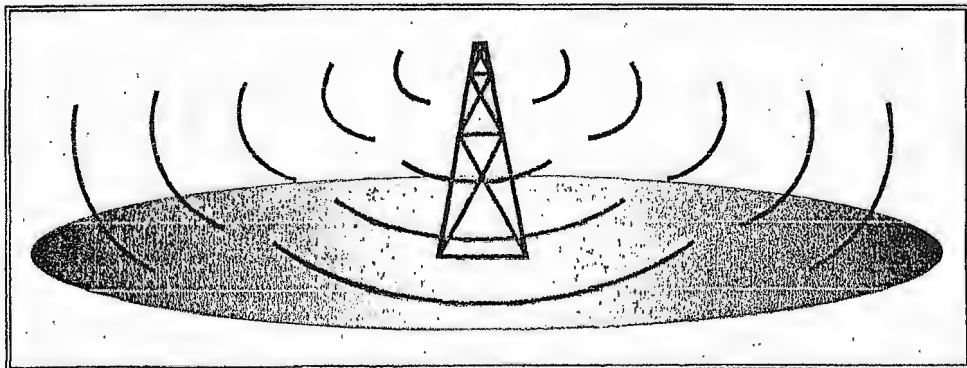


Figura. Celda implementada con una antena omnidireccional.

A pesar de lo poco complicado que resulta implementar este tipo de celda, presenta un gran inconveniente, la dificultad a la hora de realizar optimización.

Se necesita realizar una buena planificación de la red, para determinar la ubicación de estas celdas, ya que de ser necesario optimizar la cobertura brindada por estas celdas, se tendrá el problema que al modificar la inclinación (tilt) de la antena para favorecer un área específica, perderemos cobertura en la parte posterior, ya que la antena quedaría apuntando hacia los cielos en lugar de hacia la tierra.

De igual manera si se necesita modificar la potencia de transmisión de los TRX's, se modificará la cobertura de toda la celda. Por esto, es recomendable utilizar este tipo de antenas solamente en áreas donde la topografía sea uniforme evitando así huecos de cobertura.

Otro problema que presenta el uso de antenas omnidireccionales, es la interferencia que puede surgir entre las celdas de la red, por lo que se hace necesario una buena planificación de frecuencias, teniendo cuidado, ya que cada una de las celdas irradia en todas direcciones, por lo que muchas veces se dificulta saber cual celda es la causante de interferencia. Esto sucede principalmente en aquellos casos en los que el operador dispone de un número reducido de frecuencias para operar.

Este tipo de celdas es recomendable para aquellas poblaciones que se encuentran alejadas de las grandes ciudades, donde con pocas de estas celdas es posible cubrir toda la población. Por estar alejadas de las ciudades no existe problema por interferencias.

Otra aplicación para este tipo de celdas, se obtiene al utilizarlas como celdas sombrillas, como se explica mas adelante.

4.1.3 Sectorización

Existen muchas zonas en las que la topografía no permiten el uso de antenas omnidireccionales, por lo que se hace necesario utilizar el método de la sectorización. En lugar de utilizar una sola antena omnidireccional para cubrir el área alrededor de la BTS, se hace uso de dos o más antenas direccionales. Es decir, se divide el área de cobertura de la celda en sectores.

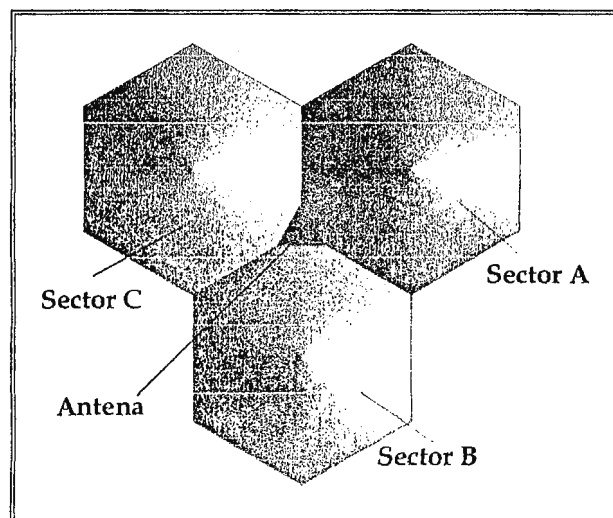


Figura. Celda con tres sectores

Este método de la sectorización de celdas ofrece las siguientes ventajas:

- ⇒ El tráfico que puede ser manejado por la celda se ve incrementado debido a la posibilidad del aumento de TRX's.
- ⇒ Es posible optimizar el área de cobertura. Se puede orientar de mejor manera las antenas con el fin de lograr cobertura en un determinado lugar de interés para el operador, sin perjudicar el área de cobertura de los otros sectores.
- ⇒ En caso que se necesite dar mantenimiento, ya sea a la BTS o a las antenas, no es necesario apagar toda la celda, basta con apagar el sector al cual se le brinda mantenimiento.
- ⇒ Permite un mejor reuso de frecuencias al delimitar la dirección de propagación de la señal, por lo cual es más fácil una planeación de frecuencia y por ende de su reuso.

Otra razón por la cual se hace uso de celdas sectorizadas en lugar de celdas simples es cuando existe un gran número de abonados en el área de cobertura de la BTS. El tráfico en ésta aumenta y no se logra cubrir la demanda. En primer lugar se puede aumentar el número de TRX's pero cuando las celdas cubren lugares altamente densificados (centro comerciales, juzgados, aeropuertos etc), este aumento de transmisores no es suficiente, por lo que se hace necesario sectorizar. Se divide la celda en sectores y a cada sector se le asigna un arreglo de BTS. En estos casos puede haber más de una BTS por celda, llegando incluso a tener una BTS por sector.

Los tres problemas principales que afrontan los ingenieros de planeación celular son:

- 1) **La cobertura:** se debe brindar cobertura (servicio de telefonía celular) a todas las áreas definidas en la planeación. Esta no es una tarea fácil, ya que muchas veces en la planeación no se toman en cuenta diversos aspectos que influyen en la propagación de las señales, por ende en la cobertura (Ej. Obstáculos).
- 2) **Interferencias con otras celdas:** Se debe tener cuidado a la hora de asignar las frecuencias a cada una de las celdas, para evitar que una celda interfiera o otra. Los tipos principales de interferencia son: Interferencia Co-canal e Interferencia por Canal adyacente.
- 3) **Manejo del tráfico:** la celda debe ser capaz de manejar de manera aceptable el tráfico generado en su área de cobertura, además debe ser capaz de adecuarse a los cambios en el tráfico ocurridos en la red.
Por ejemplo, una celda que brinde cobertura a un centro turístico en la playa, debe tener la posibilidad de manejar el tráfico generado en temporadas de vacación (Ej, Semana Santa).

- 4) **Interferencias con otros sistemas:** Antes de iniciar una red se debe verificar que el espectro asignado se encuentre libre, ya que muchas veces se encuentran enlaces microondas trabajando en estas bandas de frecuencias. Una buena forma para hacer esto es por medio de un *Drive Test*, haciendo uso de un scanner de frecuencias.

Para poder solventar todos estos problemas, GSM permite la utilización de diversas configuraciones de celdas, las cuales se clasifican en *Entornos de Celdas*. Cada una de éstas configuraciones tiene una función específica y es tarea de los diseñadores (planificadores) de la red, el escoger cual de estos se adapta mejor a sus necesidades presentes y futuras.

4.2 Configuración de Celdas (Entorno de Celdas)

Se llama Entorno de Celdas a aquella configuración de diferentes tipos de celdas con el fin de brindar servicio (cobertura) a todas aquellas áreas definidas por el operador.

En GSM son soportados tres tipos principales de entorno de celdas:

- i. Entorno Convencional de Celdas.
- ii. Entorno Jerárquico de Celdas.
- iii. Entorno Multibanda de Celdas.

4.2.1 Entorno Convencional de Celdas

En el *Entorno Convencional* de celdas, la planeación celular se realiza con el fin de obtener una cobertura geográfica continua, se persigue brindar cobertura a todas las áreas de interés del operador.

Con el fin de brindar buena cobertura y a la vez adaptar el tráfico, diferentes diseños son provistos para el *Entorno Convencional* de celdas:

Celdas Simples: Son las celdas más sencillas, son implementadas con antenas omnidireccionales y brindan cobertura los 360°.

Celdas Selectivas: No siempre resulta útil definir celdas con una cobertura total de 360°. En algunos casos, celdas con determinada forma y cobertura son necesarias. Estas celdas son llamadas celdas selectivas. Un ejemplo típico del uso de celda selectiva se puede dar

a la entrada de un gran túnel, donde una cobertura de 360° no es necesaria. En este caso, una celda selectiva con una cobertura de 65° puede ser utilizada.

Generalmente, este tipo de celda se utiliza para brindar cobertura a carreteras, donde se hace necesario direccionar la señal de la antena a lo largo de la carretera.

Cuando se utilizan varias celdas selectivas en un mismo sitio, con el fin de brindar cobertura los 360°, en realidad estamos hablando del concepto de sectorización.

Macrocelas: Las Macrocelas son largas celdas (amplia cobertura) utilizadas para cubrir áreas poco pobladas o remotas. Su alcance máximo es de 35 Km. (limitado por el TA). Este tipo de celdas se utiliza también como celda sombrilla en el entorno jerárquico de celdas.

Celdas Concéntricas: Consiste en una celda cuyos transmisores (TRX's) proveen diferentes patrones de cobertura, formando dos celdas, una celda exterior y una interior, para su implementación es necesario que los TRX de la celda exterior, se encuentren transmitiendo a mayor potencia que los TRX de la celda interior.

La celda exterior (la de mayor cobertura) es la que se encarga de toda la señalización, en ella se encuentran todos los canales lógicos de control (CCH), mientras que la celda interior esta compuesta solamente por canales de tráfico (TCH). Esta configuración se utiliza para un mayor manejo de tráfico y reducción de interferencias.

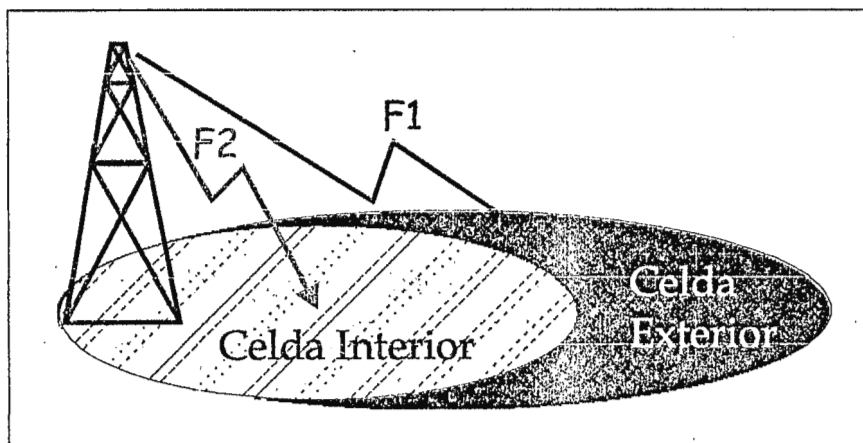


Figura. Celdas Concéntricas

La reducción de interferencia se obtiene ya que las frecuencias de los transmisores de la celda interior poseen menor alcance, por lo que resulta más fácil su reutilización.

Celdas Extendidas: Esta configuración es similar a la anterior, pero en este caso tenemos dos celdas distintas en una misma torre. En esta configuración, una de las celdas se

extiende solamente en una dirección específica, mientras que la otra lo hace en todas direcciones.

Debido a que la celda exterior no cubre completamente a la celda interior, es necesario que ambas posean su propia señalización (Canales de control). Este tipo de celda se utiliza para reducir costos en aquellos casos que desea cubrir alguna carretera de acceso.

La cobertura de la celda interior puede llegar hasta los 35 Km., mientras que la cobertura de la celda exterior va desde los 33 Km. hasta los 70 Km.

Para lograr una cobertura mayor a los 35 Km. se configura la recepción de la BTS de la celda exterior con una demora de 60 bits (1 bit \approx 553m). De esta forma, cuando el sistema detecta un TA=0, considera que el móvil se encuentra muy cerca del sitio, cuando en realidad se encuentra a más de 30 Km., de igual forma, cuando el sistema detecta un TA de 63, el sistema considera que el móvil se encuentra a unos 35 Km., cuando en realidad se encuentra a más de 70 Km. Con este ajuste garantiza que el móvil no se pueda conectar con la Celda Extendida, cuando se encuentra dentro de la Celda Interna, pues el TA sería menor a 0 y el sistema no lo aceptaría.

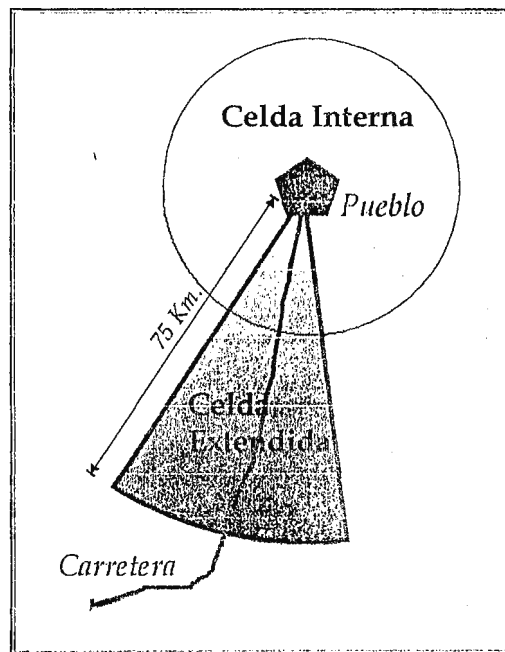


Figura. Configuración de Celda Extendida

4.2.2 Entorno Jerárquico de Celdas

El *Entorno Jerárquico* de celdas es aquel en el cual se utiliza dos grupos de celdas con diferentes tamaños. A cada grupo de celda se le conoce como Capa y se colocan superpuestas una capa sobre la otra. Las celdas de mayor tamaño conforman la “capa superior”, mientras que las celdas

pequeñas conforman la “capa inferior”. Este entorno de celda es usualmente utilizado en redes avanzadas.

La siguiente figura presenta una posible aplicación de una red jerárquica de dos capas.

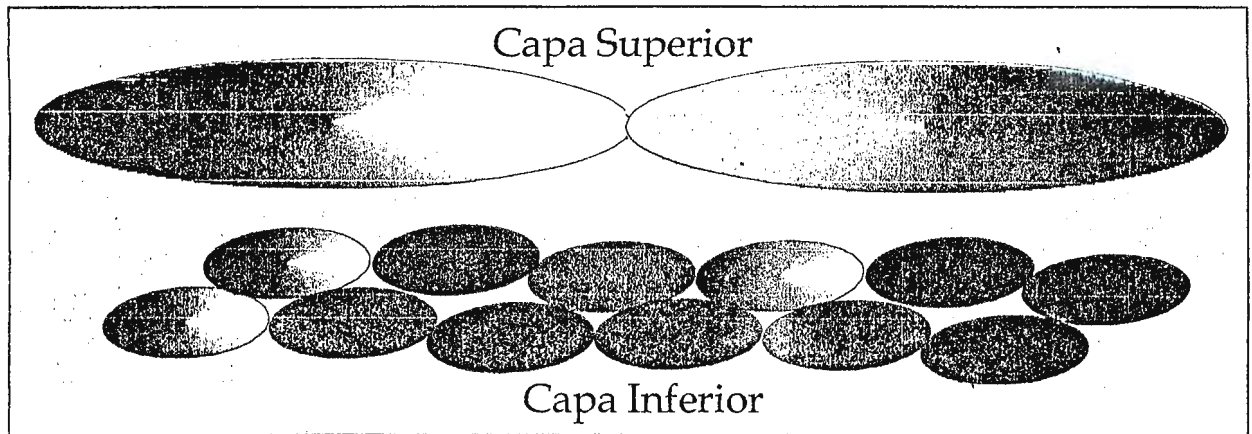


Figura. Configuración de Entorno Jerárquico de Celdas

El propósito de la capa inferior es:

- Densificación del tráfico al proveer un a menor distancia en el reuso de frecuencias en la capa inferior.
- Compensa el desbalance en la densidad de tráfico al utilizar pequeñas celdas localizadas en puntos de alto tráfico (p.e. Centros Comerciales).

El propósito de la capa superior es:

- Proveer una cobertura geográfica continua.
- Manejar aquellos móviles que transiten a alta velocidad, ésto con el fin de minimizar el número de handover ocurridos.
- Provee canales de descarga o rescate a las celdas de la capa inferior.

Debido a estas funciones, las celdas de la capa superior se conocen como “Celdas Sombrilla”.

Celdas Sombrilla

Una carretera cruzada por celdas muy pequeñas produce un importante número de handover entre las diferentes celdas vecinas. Para resolver este problema, se ha introducido el concepto de celda sombrilla. Una celda sombrilla cubre muchas celdas de menor tamaño. El nivel de potencia dentro de una celda sombrilla, es mayor en comparación al nivel de potencia de las celdas alojadas dentro. Cuando la velocidad de desplazamiento del móvil es muy alta, el móvil es manejado por la celda sombrilla. De esta forma el móvil se mantendrá por mucho mas tiempo en una celda (en este caso la celda sombrilla). Esto conlleva una reducción de los handover y por ende del trabajo de la red. Las celdas sombrillas se encargan además de proveer una cobertura continua, maneja los canales de tráfico en los casos que exista saturación en las microceldas y se encarga de preservar las llamadas en el caso que ocurran handover de emergencia.

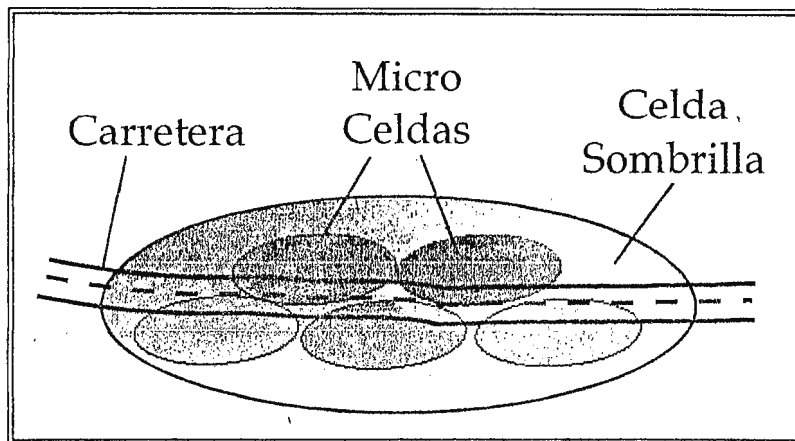


Figura. Celda Sombrilla cubriendo una carretera

En áreas de tráfico muy densas, dependiendo de la capacidad de tráfico requerida, el operador puede desear tener una red jerárquica, donde una cobertura continua sea provista por las celdas estándar y los lugares de alto tráfico sean cubiertos con celdas dedicadas de alcance limitado.

La solución para áreas de tráfico muy densas, consiste en el uso de celdas de menor tamaño que las Celdas Simples (standard), las cuales son llamadas "*microceldas*".

Microceldas

Estas celdas son utilizadas para áreas densamente pobladas. Dividiendo las áreas existentes en celdas más pequeñas, el número de canales disponibles incrementa así como la capacidad de la celda. El nivel de potencia de los transmisores utilizados en estas celdas, es por lo tanto menor en comparación con una macrocelda, reduciendo así la posibilidad de interferencia entre celdas vecinas. Estas celdas por lo general se colocan en lugares cercanos a centros comerciales o edificios de oficinas, donde ocurre un tráfico muy denso.

Microceldas con Celdas Sombrilla

Un diseño con microceldas es provisto para los casos, en los cuales es necesario manejar un tráfico muy denso, o cuando el espectro disponible es muy reducido.

La estrategia de densificación utilizada por las microceldas, permite el uso de las celdas existentes en una red para ser tratadas como celdas sombrillas. De esta forma, una red que en sus inicios, se preocupó por la cobertura haciendo uso solamente de celdas simples, puede fácilmente densificar su red, por medio de la adición de una nueva capa de microceldas encargadas del manejo del tráfico.

Esta configuración es muy útil en aquellas zonas donde existe un alto tráfico vehicular y peatonal. La red se encarga de que los móviles que se desplazan rápidamente (Ej. automóviles), sean manejados por la celda sombrilla, mientras que aquellos que se desplazan lentamente (Ej. peatones), sean manejados por la microcelda, reduciendo de esta forma la señalización en la red por causa de handover.

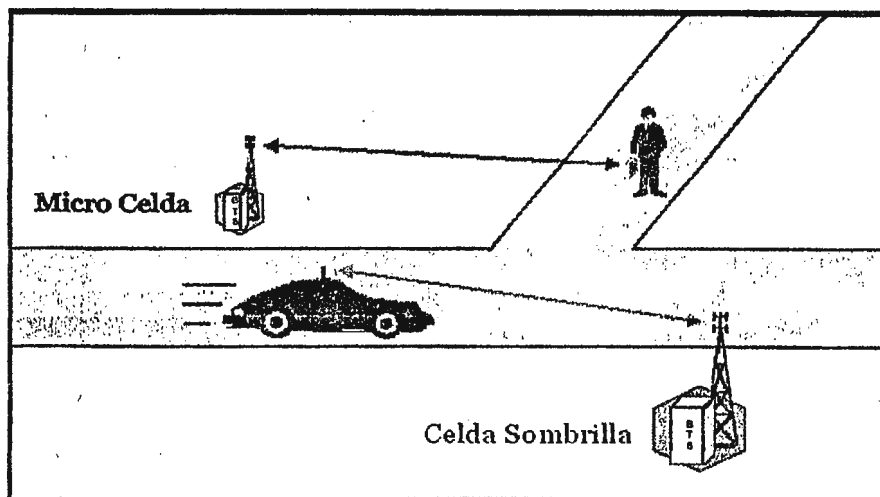


Figura. Microcelda con Celda Sombrilla

El parámetro que utiliza la red para determinar si un móvil se desplaza rápido o lento, es el tiempo que el móvil permanece en una celda. Por ejemplo, el sistema considera como lento todo aquel móvil que permanece en una celda por mas de 45 segundos (Este valor se puede modificar) y como rápido todo aquel móvil que permanece menos de 45 segundos en la celda.

Picoceldas/Nanoceldas

Existen ocasiones en las cuales en un área muy pequeña ocurre un alto tráfico celular, estos casos se dan por lo general dentro de edificios gubernamentales (Ej. Juzgados, Congreso, Embajadas). En estos casos no basta con una microcelda para el manejo del tráfico, por lo que se hace uso de celdas de menor tamaño. Estas celdas se colocan por lo general dentro de los edificios brindando de esta forma una buena cobertura y manejo del tráfico en estos lugares.

Entorno Jerárquico Multicapa.

Debido a la versatilidad que ofrece GSM, es posible crear un diseño con más de dos capas. Por ejemplo, se puede utilizar nanoceldas o picoceldas en áreas de tráfico muy denso, mientras que en áreas de densidad menor puede bastar con utilizar microceldas y en otras áreas se puede hacer uso de celdas simples. Todas estas cubiertas por una gran macrocelda (celda sombrilla). Además, una celda simple puede funcionar como celda sombrilla si está brindando cobertura a varias microceldas.

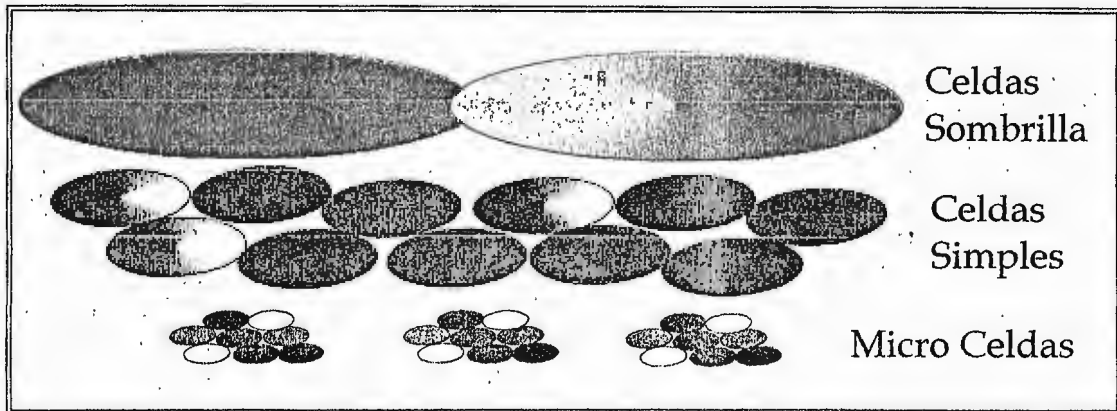


Figura. Entorno Jerárquico Multicapa

Dependiendo de las necesidades de cobertura y manejo de tráfico que tenga el operador, este puede implementar diferentes configuraciones de celda, haciendo uso de celdas simples, celdas sombrilla, microceldas, miniceldas, picoceldas, celdas concéntricas o celdas extendidas..

4.2.3 Entorno Multibanda de Celdas

El *entorno multibanda* de celdas consisten en dos capas de celdas trabajando en diferentes bandas de frecuencia. El interés de una red multibanda es el de incrementar la capacidad de cobertura de la red.

Un operador que posea licencia para trabajar en diferentes bandas de frecuencia (GSM 900 – DCS 1800/1900), puede mezclar en su red celdas trabajando en la banda de frecuencias de GSM 900, con celdas que trabajen en la banda de frecuencia de DCS 1800. Esta situación en la que se mezclan celdas que trabajan en diferentes bandas de frecuencia se conoce como “Entorno Multibanda de Celdas”.

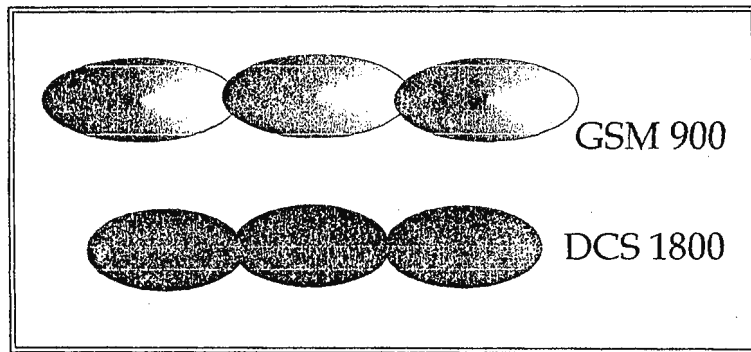


Figura. Entorno Multibanda de celdas

El entorno multibanda de celdas se supone que está conformado en su mayoría con celdas de la misma banda de frecuencias. Esta banda es la primera adquirida por el operador, es llamada la “*Banda Clásica*”. Debido a que al principio solamente esta banda es utilizada, no hay duda que las celdas de la banda clásica aseguran una buena cobertura en la red.

Con la otra banda de frecuencia, el operador añade nuevas celdas a la red y debido a que las celdas de la banda clásica aseguran una buena cobertura, se asume que estas nuevas celdas se añaden, con el fin de incrementar la capacidad de tráfico manejado por la red, en lugar de preocuparse por la cobertura.

Este supuesto determina la estrategia de handover en el entorno multibanda de celdas.

Esta estrategia consiste principalmente en redireccionar preferiblemente los móviles multibanda (móviles con capacidad de trabajar en varias bandas de frecuencia), hacia las nuevas celdas que trabajan en la banda diferente a la clásica. Debido a esto, esta nueva banda es llamada “banda preferida”. Siempre que sea posible, la red redireccionará a los móviles para que hagan uso de esta banda y se libere la banda clásica.

El entorno multibanda puede ser empleado con el entorno convencional, así como con el entorno jerárquico. En este último caso el concepto de estructura multicapa, interactúa con el concepto de multibanda.

4.3 Áreas de Ubicación (Location Areas)

Para hacer un uso eficiente de los recursos de la red a la hora del establecimiento de una llamada, es necesario que el sistema sea capaz de rutear esta llamada de manera efectiva, consumiendo el menor número de recursos y lográndolo en el menor tiempo posible.

4.3.1 Localización de un móvil

En una red en la cual no se ha aplicado el concepto de subdivisión por áreas de ubicación, siempre que se desea establecer una llamada telefónica hacia un móvil GSM, la red debe localizar a este móvil para poder completar la llamada. La forma en que lo hace es la siguiente: la red

emite un “paging” (llamado) en todas las celdas de la red, de modo que todos los móviles escuchan este llamado, el móvil para quien está dirigida la llamada es el único que responde, de esta forma el sistema reconoce en que celda se encuentra conectado el móvil, para enviar por ella toda la señalización necesaria para establecer la llamada.

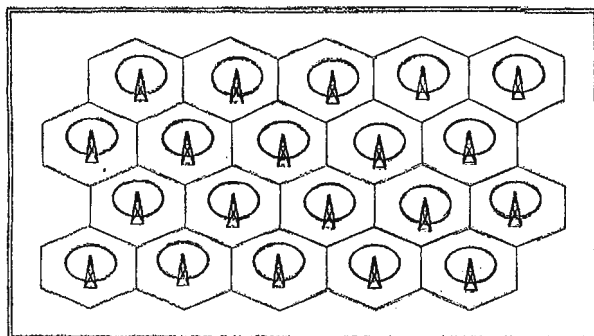


Figura. Paging realizado en toda la red

Para una red pequeña esto se realiza sin ningún inconveniente, pero a medida que la red crece, este “llamado” realizado por la red a todos los móviles, va tendiendo a saturar el sistema, debido a la señalización requerida, especialmente el canal de control PCH (Paging Channel), que es el encargado de realizar este llamado; por esto, con el fin de optimizar el desempeño de la red, GSM hace uso de la áreas de ubicación.

4.3.2 Concepto de Área de Ubicación

Un área de ubicación no es mas que la agrupación lógica de varias celdas. Del total de celdas que conforman una red, se subdividen en dos o más grupos, a los cuales se les da el nombre de *área de ubicación 1*, *área de ubicación 2*... etc. Luego se define esta agrupación dentro del sistema, de esta forma, cuando se quiere localizar a un móvil, no es necesario hacer un “paging” a todas las celdas de la red, sino solamente a aquellas que conforman el área de ubicación en la cual se encuentra el móvil.

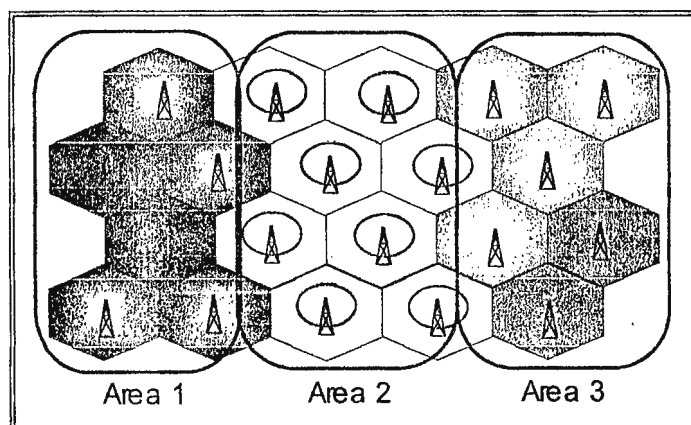


Figura. Áreas de Ubicación

Red dividida en tres áreas de ubicación.
Paging realizado solamente en un área.

El principal beneficio de dividir la red en Áreas de Ubicación se observa en el tiempo de establecimiento de llamada hacia un móvil GSM. Debido a que el sistema busca al móvil solamente en un área de ubicación y no en toda la red, el tiempo de localización de este es menor, por lo que se reduce el tiempo de establecimiento de llamada.

Área de Servicio MSC. Un área de servicio MSC está hecho de varios LAs y representa la parte geográfica de la red controlada por un MSC. Para poder rutear una llamada a un MS, el área de servicio MSC del suscriptor es también almacenada y monitoreada en el HLR. En la siguiente figura se ilustra el área de servicio de un MSC.

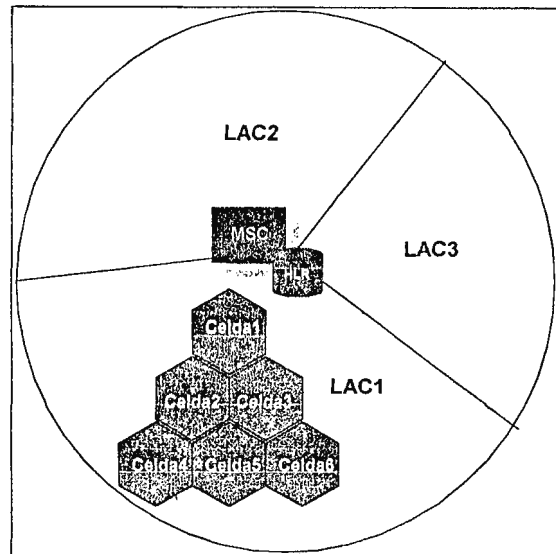


Figura. Área de servicio de un MSC

4.3.3 Identificación de las áreas de ubicación

Para poder identificar y distinguir a cada una de estas áreas de ubicación, se les reconoce dentro del sistema por su *Código de Área de Ubicación* (**LAC** = Location Area Code). El LAC es un valor cuya longitud máxima es de 16 bits, permitiendo hasta 65,536 áreas de ubicación diferentes en una misma red, este valor es único para cada LA dentro de una misma red.

Identities relacionadas: Las identities son números que utiliza la red GSM, para localizar un móvil cuando quiere establecer una llamada hacia éste.

Las identities relacionadas son:

Location Area Identity (LAI)

La identidad de área de ubicación es una identidad temporal de la red que es requerida para el ruteo de las llamadas. Los dos principales propósitos de la LAI son:

1. El Paging, la LAI es utilizada para informar al MSC sobre la LA donde se encuentra actualmente el móvil.

2. Para la actualización de ubicación de los suscriptores móviles.

La LAI está compuesta de la siguiente manera:

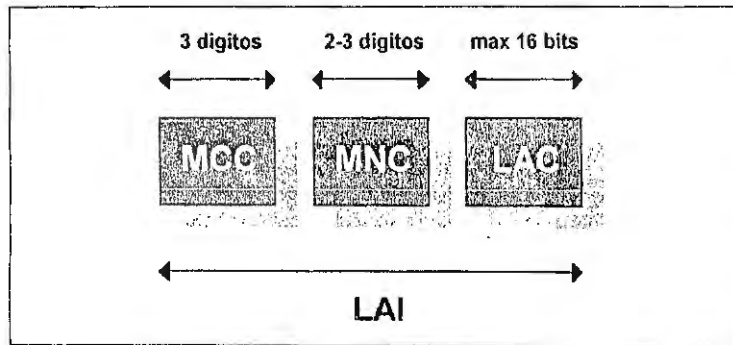


Figura. Composición de la LAI

Donde:

MCC: Mobile Country Code
 MNC: Mobile Network Code
 LAC: Location Área Code

Cell Global Identity (CGI)

Como hemos explicado anteriormente, cada celda se identifica por medio de su CI dentro de un área de ubicación. Para diferentes áreas de ubicación podemos tener celdas con el mismo CI, por lo que para evitar confusiones el standard GSM, define la identidad global de celda, la cual es utilizada para identificar una celda individual dentro de la red. La CGI se forma al agregar el CI a los componentes del LAI. Quedando compuesta de esta forma:

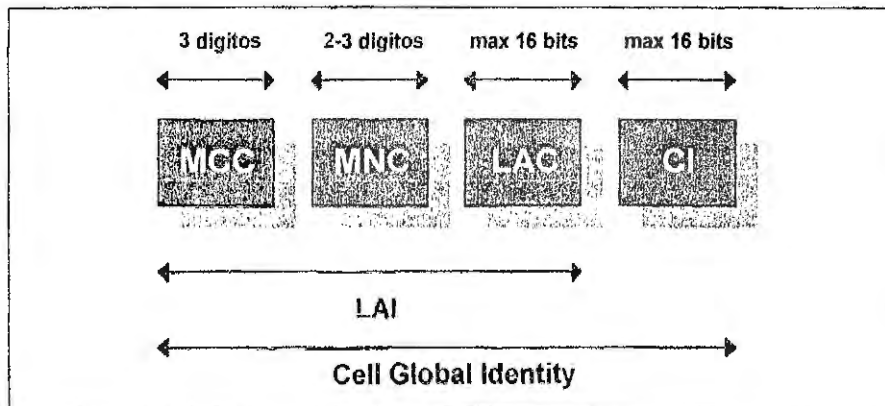


Figura. Composición del CGI

Partiendo de los diferentes valores que puede tomar el CGI con los campos LAC y CI, el número máximo de celdas que puede existir en una red es de aproximadamente 4.3 billones (65,536 x 65,536).

4.3.4 Actualización de Ubicación

Para que el sistema pueda rutear efectivamente la llamada hacia el móvil, es necesario que conozca en que área se encuentra éste, es decir debe actualizar el área de ubicación de cada móvil. El LAC se transmite al móvil por medio del canal de control, de esta forma el móvil detecta que ha cambiado de área de ubicación y realiza así la Actualización de Ubicación (LU = Location Update), esta puede ser de tres tipos:

- i) **ACTUALIZACIÓN AL ENCENDIDO Y APAGADO:** Cada vez que un móvil es encendido, este se identifica con el sistema y actualiza en el VLR su ubicación. De igual manera, cada vez que un móvil es apagado, este le indica al sistema que dejará de estar activo, por lo cual no puede atender ninguna llamada, de esta forma cuando la red recibe una solicitud de llamada para este móvil, no se realiza ningún "paging", sino que inmediatamente se enrruta esta llamada al servicio de mensajería de voz.

Cuando un MS es encendido dentro del área de cobertura de una celda ocurre el proceso de autenticación, en el cual se da un LU de la siguiente manera:

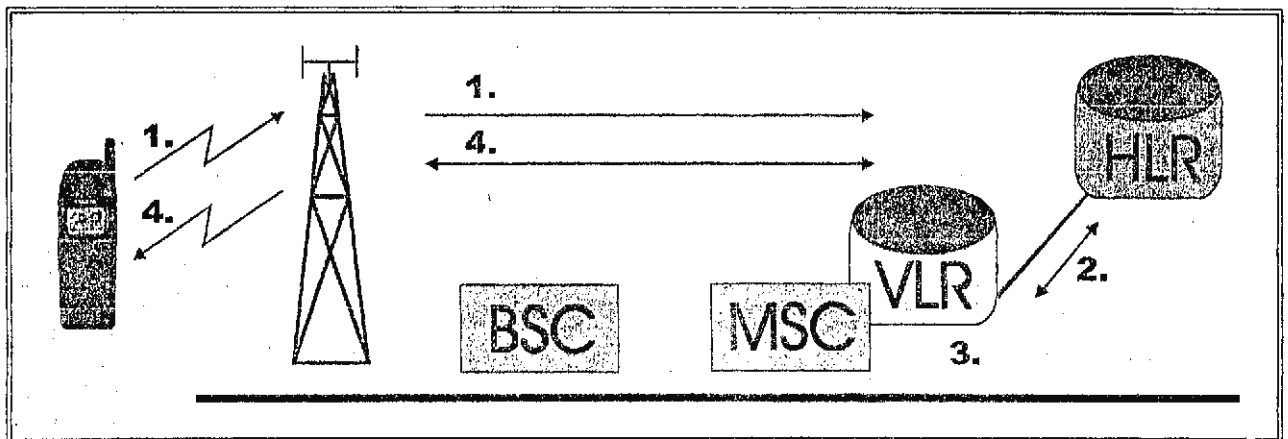


Figura. Actualización de ubicación al encendido del móvil.

1. El MS envía hacia la red un mensaje de adhesión de IMSI, indicando que ha cambiado su estado de apagado a desocupado.
2. El VLR determina la existencia de un registro ya presente para el suscriptor. De no existir ningún registro asociado, el VLR contacta al HLR al cual pertenece el suscriptor y le solicita una copia de la información de este.
3. El VLR actualiza el estado del MS como libre (disponible), además actualiza el valor del LAI en el cual se encuentra este.
4. Finalmente un mensaje de reconocimiento es enviado al móvil.

El proceso a la hora de apagar un móvil es similar. El móvil envía un mensaje indicando que pasará de modo desocupado a apagado, por lo cual no puede atender ninguna llamada. El VLR borra el registro asociado a este suscriptor y le informa al HLR que actualice el estado de este a apagado. De esta forma cuando se realice una llamada a este suscriptor el sistema no trata de contactarlo, sino que inmediatamente desvía la llamada hacia el sistema de mensajería (de estar este disponible).

ii) **ACTUALIZACIÓN AL CAMBIAR DE ÁREA DE UBICACIÓN:** Si un móvil detecta un cambio de LAI en el BCCH, lo informa a la red. Cuando el MS envía el mensaje de LU, el MSC/VLR determina si el MS, ya se encuentra registrado o si es un MS visitante desde otro MSC/VLR, en este tipo de actualización tenemos dos casos posibles:

LU en el mismo MSC/VLR: Si la LAI origen y destino pertenecen al mismo MSC/VLR se realiza el siguiente proceso:

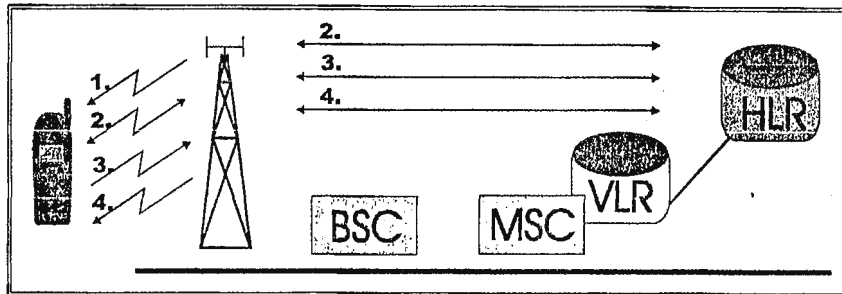


Figura. Actualización de ubicación en el mismo MSC/VLR

1. El MS escucha el BCCH en la nueva celda para determinar el LAI. El LAI en esta nueva celda es comparado con el LAI en la celda anterior. Si son diferentes, una actualización de ubicación es necesaria.
2. El móvil establece una conexión con la red, a través del canal de control SDCCCH (Slow Associated Control Channel). Se realiza el proceso de autenticación.
3. Si la autenticación es exitosa, el móvil envía una solicitud de actualización de ubicación al sistema.
4. El sistema reconoce la actualización de ubicación y solicita al móvil y la BTS que liberen el canal de señalización.

LU entre diferentes MSC/VLR: Si la LAI origen y destino pertenecen a diferente MSC/VLR se realiza el siguiente proceso:

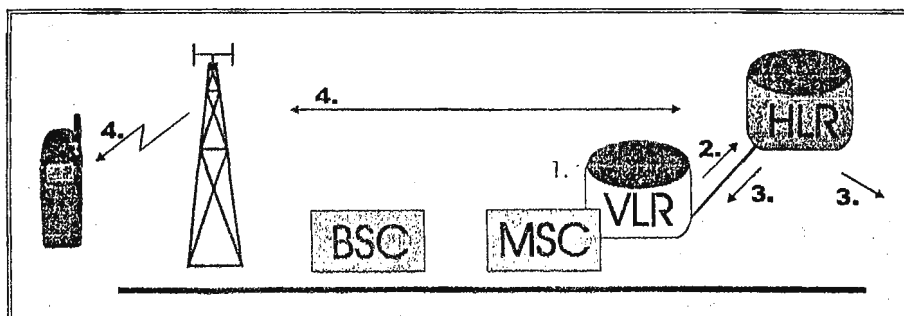


Figura. Actualización de Ubicación, nuevo MSC/VLR

1. Similar al proceso anterior, se realiza la autenticación. Si esta resulta exitosa, el VLR revisa su base de datos para determinar si posee o no un registro para este MS.
2. Cuando el VLR no encuentra ningún registro para este MS, envía una solicitud hacia el HLR al cual pertenece el subscriber, en la cual pide una copia de los datos de subscripción del MS.
3. El HLR pasa la información al VLR y actualiza la información acerca de la ubicación para el subscriber. El HLR instruye al VLR antiguo (VLR de procedencia del MS), para borrar la información que posee del MS.
4. El VLR almacena la información de subscripción del nuevo MS, incluyendo la última ubicación y su estado (desocupado). Finalmente el VLR envía un mensaje de reconocimiento al MS.

Estos tipos de actualización de ubicación, no pueden realizarse si el móvil cambia de celda con una llamada en curso (modo ocupado o activo). Para poder hacer la actualización, primero debe terminar la llamada y luego efectúa la actualización de área.

iii) **Actualización Periódica:** Cada cierto tiempo el móvil efectúa una actualización (reporta su área de ubicación). Esto se realiza con el fin de mantener un estado actualizado de los móviles en la red, ya que si un móvil sale del sistema por causas externas (Ej. Falla en la batería), el sistema no tiene forma de saber que este móvil no esta activo, por lo que cuando alguien solicite comunicación con éste móvil, el sistema tratará de localizarlo dentro del área de ubicación, en la cual se reportó por última vez, sin obtener respuesta de este. Debido a esto se configura en el sistema la actualización periódica, después de X actualizaciones periódicas no recibidas, el sistema asume que el móvil se encuentra fuera de actividad y no realiza mas "paging" cuando este usuario es llamado.

La periodicidad con que se realiza esta actualización se define en el sistema (OM-R), esta información es enviada al MS por medio del canal de control BCCH (Broadcast Control Channel).

El MS intentará registrarse (actualizar su área de ubicación) hasta que el sistema le confirme que ha recibido y efectuado el proceso de actualización.

4.3.5 Consideraciones a la hora de establecer las LA

Toda la señalización requerida para efectuar un LU se realiza por medio del canal de control SDCCH, por lo que un mal diseño de las LA, conllevaría congestión en este canal de control. Para evitar esto es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

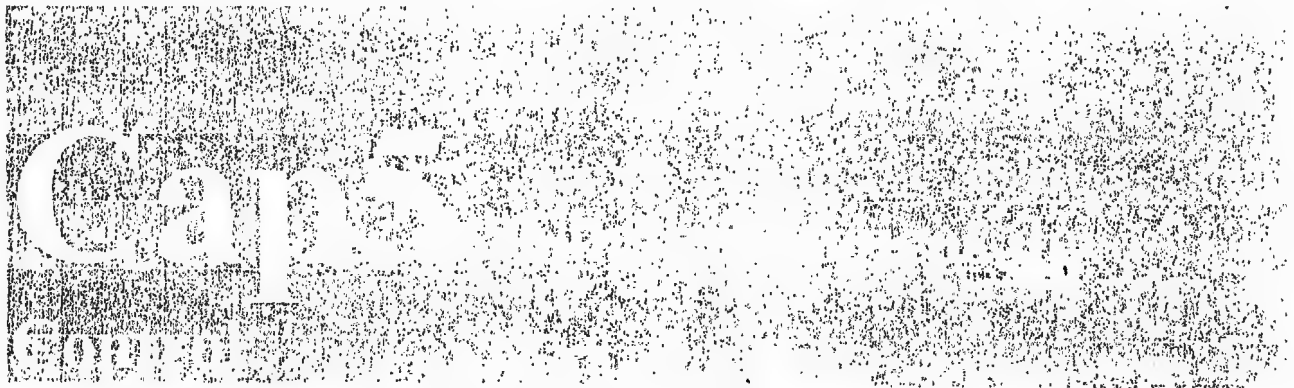
- 1) Incrementar el número de SDCCH en aquellas celdas que se encuentran en las fronteras de las Áreas de Ubicación, ya que estas celdas generan un gran tráfico de señalización debido a los LU que realizan los móviles.
- 2) Definir bien las Áreas de Ubicación, de forma que las celdas que estén como frontera de las LA sean celdas que manejen poco tráfico, de esta forma el número de LU realizados en esta celda será reducido.

- 3) Establecer el tiempo de actualización automática en un valor intermedio, de forma que no saturé a la red con LU y a la vez cumpla su propósito de mantener un registro actualizado de la ubicación y/o estado de los móviles.

Otras consideraciones que se deben tomar en cuenta a la hora de establecer las LA son las aplicaciones a utilizar en el sistema. Un ejemplo de este tipo de aplicaciones es el de mensajes cortos orientados a determinada área de servicio.

“Un sistema de noticias puede hacer uso de esta información para indicar a los usuarios que se encuentren en determinada área, acerca de problemas de tráfico en alguna carretera importante dentro de esa área. Caso similar puede darse con sistemas de notificación del clima”.

Para este tipo de aplicaciones convendría definir las LA, en base a la distribución geográfica de las diferentes poblaciones en el área de servicio de la red.



Introducción	77
5.1 Canales lógicos y canales físicos	78
5.1.1 Canales físicos en GSM	78
5.1.2 Canales lógicos en GSM	78
5.2 Canales Comunes de Difusión o Broadcast	80
5.2.1 Descripción del BCH	81
5.2.2 Configuración de las tramas	83
5.3 Canales Comunes de Control (CCCH)	84
5.3.1 Canales de control en el <i>downlink</i>	84
5.3.2 Canales de control en el <i>uplink</i>	86
5.4 Canales Dedicados de Señalización (SDCCH)	87
5.4.1 Slow/Fast Associated Control Channel (SACCH)	87
5.4.2 Stand alone Dedicated Control Channel (SDCCH)	89
5.5 Canales de Tráfico (TCH)	91
5.5.1 Tipos de canales de tráfico	91
5.5.2 TCH y su SACCH	92
5.5.3 Mapeo de canales lógicos en canales físicos	93

Cap5 Canales Lógicos de Control

Introducción

En el capítulo anterior estudiamos el funcionamiento de la interfaz aire haciendo énfasis en el procesamiento de la voz y la forma en que los datos son transmitidos en un formato de tramas. Mencionamos anteriormente, que el principal objetivo de una red de telefonía móvil celular es la de brindar el servicio de comunicación de voz. Para ello, los usuarios han de disponer de los recursos de la red, cada vez que ellos soliciten el establecimiento de una comunicación. Para poder iniciar y mantener una comunicación, es necesario que ocurra un intercambio de mensajes de señalización entre el MS y la red.

Básicamente, podemos distinguir dos estados en los cuales se encuentra el móvil. El primer estado se conoce como estado desocupado o libre y es cuando el móvil no ha solicitado algún recurso de la red para iniciar una comunicación y se encuentra solamente encendido. El segundo, es cuando al móvil se le ha asignado un recurso de la red y esta en comunicación con otro móvil o con un usuario en una red fija. El objetivo de este capítulo, no se centrará en el establecimiento o el mantenimiento de la comunicación en sí. Mas bien se centrará en los mecanismos o medios que emplea la red para permitir al móvil tener a su disposición, los recursos de la red necesarios para el establecimiento de la comunicación. A dichos medios se les conoce como **canales de control** y son utilizados por la red para intercambiar la información necesaria, para que el móvil pase de un estado al otro.

En el presente capítulo se estudiarán entonces los diferentes canales de control, responsables de la transición del móvil del estado libre al estado ocupado y de cómo éstos se encuentran organizados en la estructura de las tramas. Básicamente son cuatro los tipos de canales los que se estudiarán. Primero se verán los **canales de difusión o broadcast** que sirven para mantener informado al móvil del estado de la red. Luego los **canales comunes de control** que sirven para que el móvil pueda tener acceso a la red en el caso que quiera iniciar o recibir una llamada. Los **canales asociados** de control son los siguientes canales a estudiar en el proceso de transición del móvil y sirven para la asignación de los recursos de la red. Por último, están los **canales de tráfico** que son asignados para el establecimiento de la comunicación y que sirven para el transporte de la información del usuario. Como puede observarse, el estudio de los canales de control sigue un proceso cronológico en el tiempo, con el fin de que el lector pueda comprender la función de estos canales y la secuencia en que son utilizados.

5.1 Canales lógicos y canales físicos

5.1.1 Canales físicos en GSM

Como se ha comentado, en GSM existe un doble método de acceso. Por una parte es FDMA, ya que se dispone de un número determinado de frecuencias portadoras con las que puede transmitir. Por otro lado, es TDMA, ya que cada una de estas portadoras está compartida temporalmente por hasta 8 usuarios. Por tanto, la transmisión es pulsada: el tiempo es dividido en slots temporales durante cada uno de los cuales un usuario transmite una ráfaga (bursts) de bits de información. Así, se puede llamar *canal físico* a la combinación slot temporal y frecuencia.

En la siguiente figura se ilustra el concepto de un canal físico.

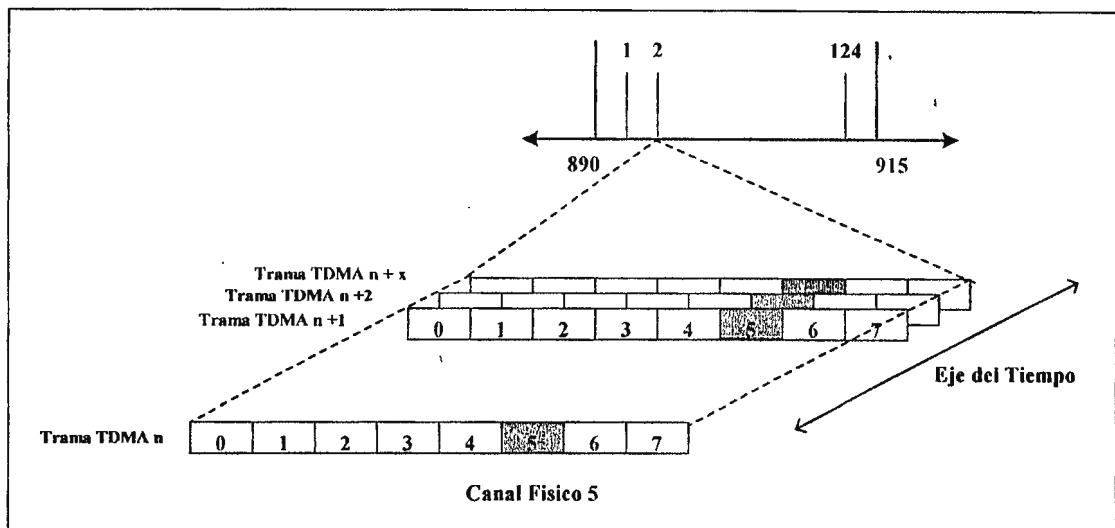


Figura Definición y recurrencia de un canal físico en el tiempo

Sin embargo, la información a transmitir no siempre es la misma. Unas veces se transmitirá información propia del usuario y otras veces información complementaria para el mantenimiento de dicha información. La forma en que los datos sean transmitidos dependerá de que tipo de información se trate.

Por tanto, la información se estructura en una serie de *canales lógicos*, cada uno de los cuales es transportado por alguno de los distintos canales físicos disponibles. En un principio cada canal lógico puede utilizar cualquier canal físico, pero una vez hecha la asignación, esta no debería cambiar. Además, algunos tipos especiales de canales lógicos necesitan de ciertos canales físicos especiales.

5.1.2 Canales Lógicos

Básicamente, dentro de la estructura y organización de los diferentes tipos de canales usados en GSM en la interfaz aire, podemos distinguir dos tipos de canales lógicos: los *canales lógicos de tráfico* que transportan voz o datos del usuario y los *canales lógicos de control* empleados para señalización y mantenimiento de la red.

- **Canales de Tráfico.** Son utilizados para transportar ya sea voz codificada o datos de los usuarios en cualquiera de los dos sentidos, el uplink o ascenso (del MS a la radio base) y el downlink o descenso (de la radio base al MS).
- **Canales de Control.** Son utilizados para la comunicación entre el MS y la red para el flujo de información de control y señalización en paralelo con los datos del usuario y que permiten la operatividad entre ambas partes.

En la siguiente figura se ilustra la jerarquía de los canales lógicos utilizados en la interfaz aire de GSM:

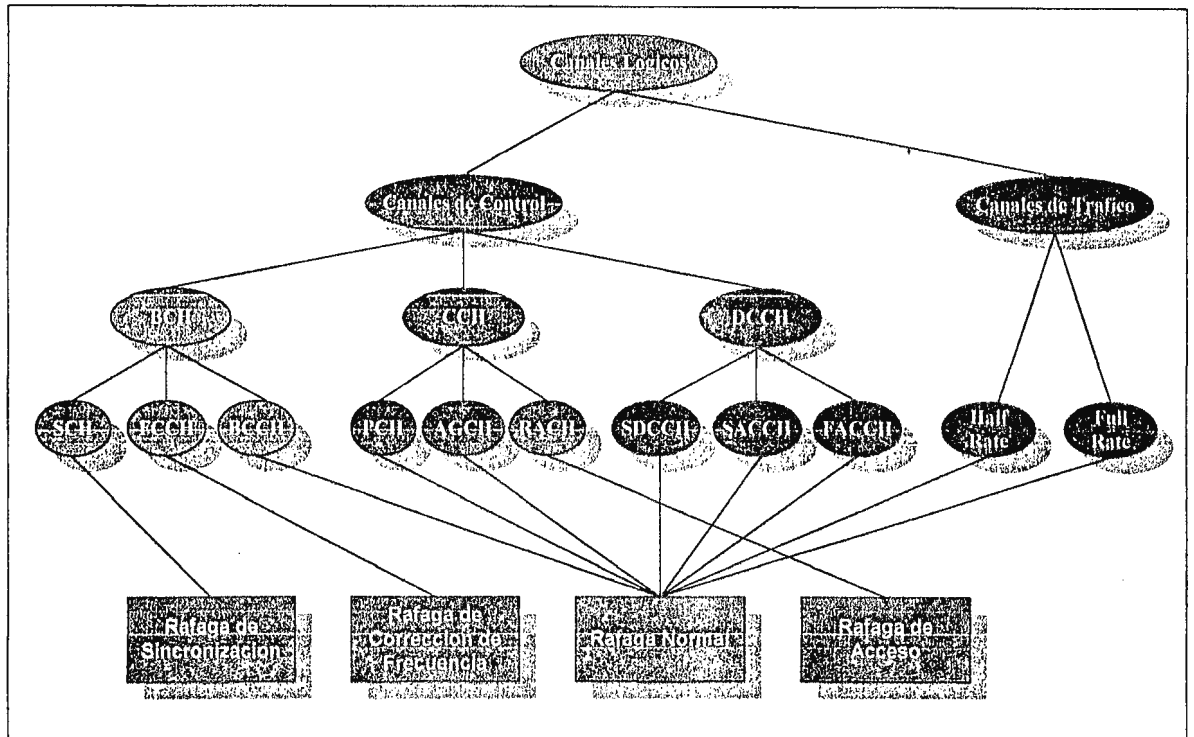


Figura. Estructura de los canales lógicos

Los canales lógicos de control transportan la información que la red y los MS necesitan para asegurar que todo el tráfico se esté moviendo por el sistema de una forma eficiente y segura.

A su vez, podemos dividirlos en cuatro grupos que son: de difusión o broadcast, de control común, de control dedicado y de control asociado.

Debido a las limitantes del espectro radioeléctrico, no se puede permitir a cada usuario tener su propio canal de tráfico TCH todo el tiempo. Los TCHs están asignados a los usuarios solo cuando estos tienen necesidad de transmitir, lo que permite distinguir dos estados: el estado *desocupado* y el estado *conectado*.

Básicamente, un MS se dice estar en modo conectado cuando se le ha asignado un TCH. Esto corresponde cuando se tiene una transición bidireccional punto a punto entre el MS y la red.

Cuando el MS está encendido sin estar en el modo dedicado, se dice estar en el modo desocupado. Sin embargo, es en este modo en el cual debe de estar constantemente en contacto

con la radio base, escuchando lo que esta debe transmitir, para poder interpretar los diferentes mensajes como el de *paging* (para saber si el usuario es llamado) y monitorear el ambiente de radio para evaluar la calidad del enlace y poder seleccionar la radio base más adecuada.

En el siguiente diagrama se muestra el proceso por el cual un MS pasa del estado *desocupado* al estado *conectado*.

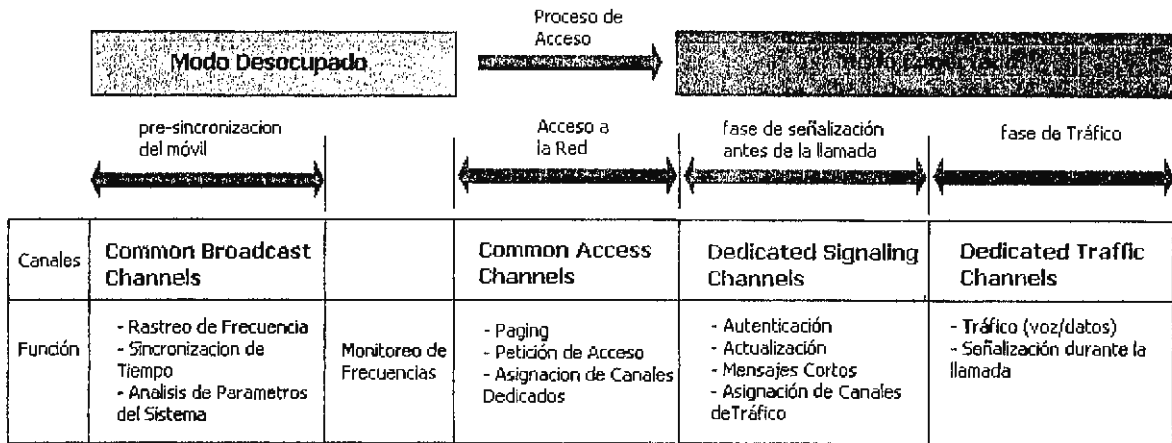


Figura. Canales involucrados en el proceso de activación del MS

Los tipos de canales involucrados en el momento en que el MS logra “captar” la atención de la red, hasta que logra integrarse a ella y establecer o terminar una comunicación serán el objeto de estudio de las siguientes secciones.

5.2 Canales Comunes de Difusión o Broadcast (BCH)

La transición entre el modo desocupado a conectado requiere del intercambio de información entre el MS y la radio base. El MS indica a la red que necesita conectarse y ésta a cambio le indica cuales canales dedicados utilizar. Todo esto requiere de medios específicos de transmisión, los cuales se conocen como **Canales Comunes**.

Los MS en modo desocupado requieren de una gran cantidad de información, para poder funcionar eficientemente. Muchas veces el MS puede recibir y potencialmente ser escuchado por varias celdas. El MS tiene que poder escoger entre una de estas y para ello requiere de cierta información (de la red a la cual pertenece la celda en cuestión). Esta información es transmitida por cada celda para que sea escuchada por todos los móviles en dicho estado. El canal que se ocupa para esto es el **Broadcast Channel** o **BCH**. Estos siempre parten de la estación base y su objeto es proporcionar al MS la información necesaria para que se sincronice con la red.

Cuando un MS es encendido busca una BTS para conectarse con ella. El MS realiza un barrido total de la banda de frecuencias asignada a la red. Cuando el MS encuentra la mejor portadora debe determinar si se trata de un canal de control. Esto lo hace buscando un canal en particular llamado el Broadcast Control Channel.

Una frecuencia que lleva el BCCH, contiene toda la información necesaria para que un móvil pueda contactar a la red por primera vez. Tal información incluye la identidad de la red, información de los parámetros de la red (lista de frecuencias, etc.) e identificadores de las áreas de ubicación.

5.2.1 Descripción del BCH

5.2.1.1 Frequency Correction Channel (FCCH)

Durante el proceso de inicialización del móvil, la frecuencia a la cual se engancha no está siempre sintonizada, por lo que es necesario un canal para este tipo de ajuste fino. Este es un canal punto multipunto unidireccional (enlace de descenso). Transporta información para corrección de frecuencia del MS. Este canal es necesario para la correcta operación del sistema de radio y permite al MS sintonizarse con la radio base. La información de este canal es transportada en el TS0. Este canal lógico es transportado por un tipo especial de canal físico: el *frequency correction burst*, que a su vez sólo puede contener a este canal lógico.

5.2.1.2 Synchronization Channel (SCH)

El MS también debe de estar sincronizado con la red en el dominio del tiempo, por lo que se hace necesario un canal adicional para este tipo de ajuste. Proporciona al móvil una secuencia fija, que le sirve para corregir retardos y sincronizarse con la BTS. Este también, es un canal punto multipunto unidireccional (enlace de descenso). Transporta información para la sincronización de trama del MS y la identificación de la radio base por medio del Base Station Identity Code o BSIC. También sirve para decodificar el número de Trama (entre 0 y 2,715,647). Este tipo de canal está relacionado con otro canal físico: el *synchronisation burst*.

5.2.1.3 Broadcast Control Channel (BCCH)

Cuando un móvil se enciende, este realiza un escaneo del espectro radioeléctrico, para poder encontrar una BTS disponible. Este informa al MS acerca de parámetros específicos, que necesita para identificar a la red o tener acceso a ella. La necesidad de poder escanear un canal, surge de la necesidad de poder acceder a información codificada de la red, tal como el Código de Área Local o Location Area Code (LAC), el Código de Red Móvil o Mobile Network Code (MNC) que identifica al operador, la información en que frecuencias se encuentran las BTS vecinas y otros parámetros de acceso. Parte de la información que lleva es la identificación del operador, autorización de acceso, organización de los canales lógicos en la celda, frecuencias utilizadas y *Frequency Hopping*.

Aparte del SCH y el FCCH, éste es el otro canal de descenso el cual tiene información codificada que identifica a la red y no utiliza algún canal físico en particular.

El BCCH es un canal de poca capacidad, por lo que representa un recurso muy escaso. La tasa de repetición para la diferente información a transmitir, resulta de un intercambio entre el uso del recurso del BCCH y el tiempo que al móvil le toma para acceder a la información. Como consecuencias, diferentes mensajes han sido definidos con diferentes contenidos y diferente periodicidad.

La información de los diferentes canales de BROADCAST puede clasificarse en 4 diferentes tipos de mensajes bajo el nombre de RIL3 – RR SYSTEM INFORMATION TYPE. En los siguientes párrafos vamos a estudiar cada uno de estos tipos de mensajes y sus principales aplicaciones.

Información para selección de celdas

Una parte importante de la información de Broadcast relacionado con el proceso de selección de celda. Esta incluye la identidad del área de ubicación y varios parámetros relacionados con los procesos de acceso. También en el BCCH se envía la información concerniente a la identificación de cada celda. Esto se logra por medio del mensaje CELL IDENTITY.

Información para las móviles en modo IDLE

La información para las funciones en modo desocupado, es usada por el MS una vez que han seleccionado una celda y se mantienen en ella en dicho estado. Esta información incluye la configuración de los canales comunes, las celdas vecinas a monitorear y la configuración de los mensajes de Broadcast. A continuación, describimos cada uno de estos tipos de informaciones.

- Configuración de los canales comunes; aquí la red le envía al MS información acerca de los números de TS de una trama y los parámetros que le permiten determinar como encontrar su propio canal de paging, toda información la encuentra en el mensaje CONTROL CHANNEL DESCRIPTION.
- Monitoreo de celdas vecinas; una vez que el móvil se ha establecido en una determinada celda, este debe de estar informado de las frecuencias vecinas que ha de monitorear. Esto lo puede encontrar en el mensaje NEIGHBOOR CELLS DESCRIPTION.
- Mensajes de Broadcast; La MS deben de saber donde escuchar los mensajes cortos de broadcast. Para ello, la celda le envía un canal específico, el **Cell Broadcast CHannel (CBCH)**, donde se envían dichos mensajes. Toda esta información se obtiene del mensaje CBCH CHANNEL DESCRIPTION.

Información para el acceso del Móvil

Tarde o temprano el móvil va a solventar acceso a la red, para obtener un canal dedicado a iniciar una transmisión. Esto ocurre cuando se da un proceso de LU o para un establecimiento de una llamada, la BSC lleva el control de la calendarización de los intentos y acceso de repeticiones por parte del móvil y los parámetros correspondientes son transmitidos por medio del mensaje BCCH CONTROL PARAMETERS.

5.2.2 Configuración de las Tramas

En la siguiente figura se ilustra la estructura de la multitrama y de cómo están organizados dichos canales.

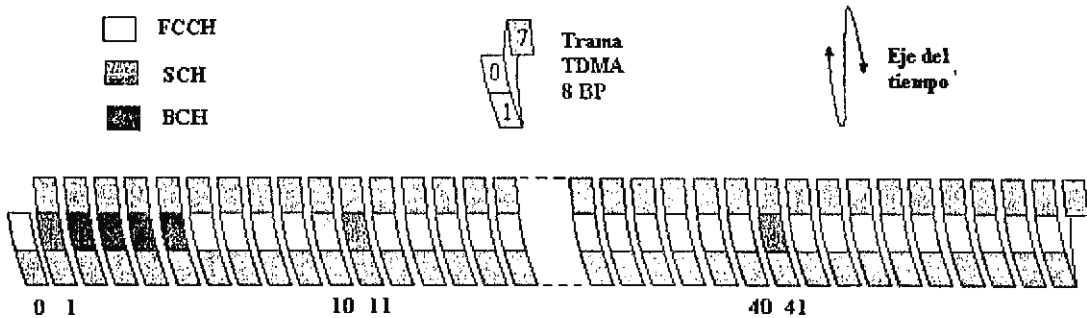
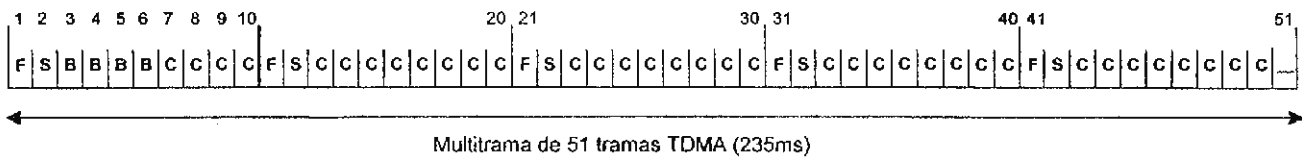


Figura. Configuración temporal en la trama de los canales BCH



Canal Lógico	Función
FCCH <i>Frequency Correction Channel</i>	- Enganchar el oscilador local del móvil en la frecuencia exacta
SCH <i>Synchronisation Channel</i>	- Decodificación del número de trama - BSIC
BCCH <i>Broadcast Control Channel</i>	Información general del sistema - Identidad del operador - Organización de los canales lógicos - Frecuencias utilizadas, Frequency Hopping

Figura. Estructura de la multitrama en el TS0

F=FCCH sirve para sincronizarse con la frecuencia adecuada.
S=SCH obtiene información de la BTS y de la numeración de las tramas
y B= BCCH envía información global de la red.

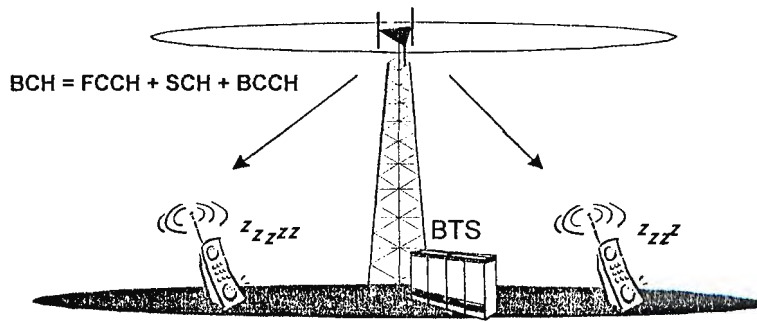


Figura. Canal de Broadcast

5.3 Canales Comunes de Control (CCCH)

Cuando el MS ha terminado de analizar la información del BCCH, tiene toda la información necesaria para comunicarse con la red y establecer una comunicación. Sin embargo, si el MS cambia a otra celda debe de repetir el mismo proceso en la nueva celda.

La transición entre el modo desocupado a conectado, requiere del intercambio de información entre el MS y la estación base. El MS indica a la red que necesita conectarse y ésta a cambio le indica cuales canales de tráfico puede utilizar. Los canales comunes de acceso se definen como los canales de control, que permiten al móvil pasar del estado desocupado al modo conectado, en el cual ya se ha establecido la comunicación y hace uso de los recursos de red para transmitir su información. Estos canales se conocen también como *Canales Comunes de Control* o *Common Control Channels (CCH)* y difieren de los anteriores en el sentido de que son en ambos sentidos, tanto en *uplink* como en *downlink*. Permiten el establecimiento de un enlace dedicado entre el MS y la BTS. Pueden partir tanto del móvil como de la BTS pero con la única excepción de que son canales unidireccionales. Son utilizados para realizar el establecimiento previo de enlaces entre los móviles y las BTS.

5.3.1 Canales de control en downlink

Para la parte del acceso a la red, el procedimiento en si consiste en una petición por parte del móvil y una respuesta por parte de la BTS, la cual le asigna un canal libre para su comunicación. Los mensajes de paging y los mensajes que le indican la asignación de un canal determinado, son transmitidos en el Paging and Access Grant Channel o PAGCH que combina 2 subcanales: el Paging Channel o PCH y el AGCH o Access Grant Channel o AGCH.

5.3.1.1 Paging Channel (PCH)

Cuando el móvil esta encendido sin estar conectado, es decir en estado desocupado, debe de estar constantemente en contacto con la BTS, para poder recibir los mensajes de *paging*, para saber si tiene alguna llamada entrante. Así cuando la red quiere iniciar una comunicación con el MS y establecer un enlace dedicado, esta busca al móvil enviándole un petición de *paging*. El PCH es

usado por la red para señalarle al móvil que tiene una llamada. Cuando el móvil ve su número en el canal reconoce que debe responder solicitando servicio con un RACH.

5.3.1.2 Access Grant Channel

Es un canal de autorización de acceso unidireccional, que funciona como una respuesta por parte de la BTS cuando recibe un RACH. Este canal informa al móvil cual es el canal dedicado que puede utilizar. También informa de las correcciones temporales que debe realizar el móvil, para compensar el retardo de propagación y sincronizarse a la red.

En la siguiente figura se ilustra la configuración de estos canales

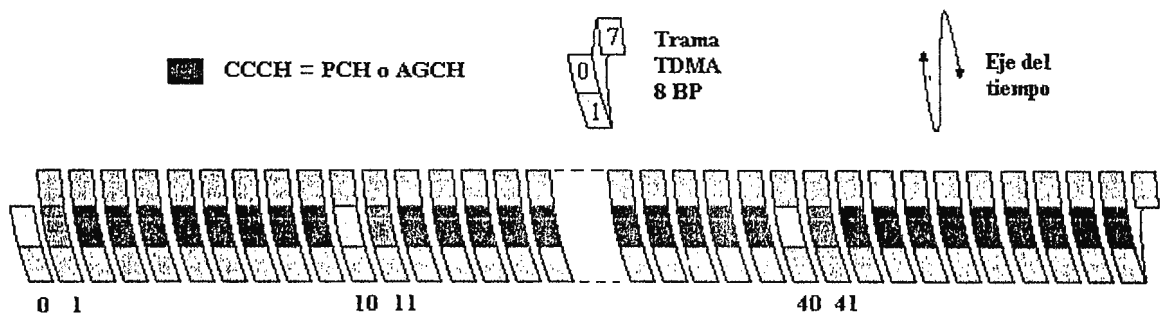
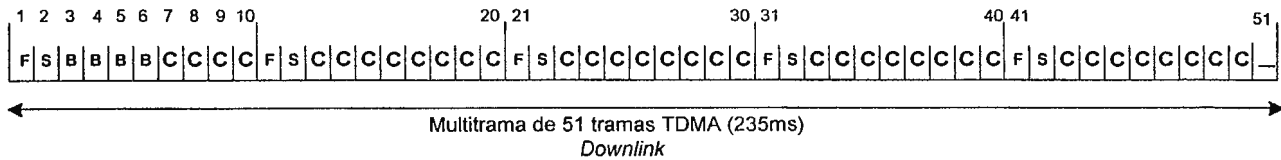


Figura. Configuración de canales CCCH en el downlink en la trama TDMA



Canales Lógicos	Función
AGCH <i>Access Grant Channel</i>	- Es usado por la red como respuesta a la petición de un móvil (RACH) asignando un canal dedicado
PCH <i>Paging Channel</i>	- Es usado por la red para informar al móvil de una llamada entrante

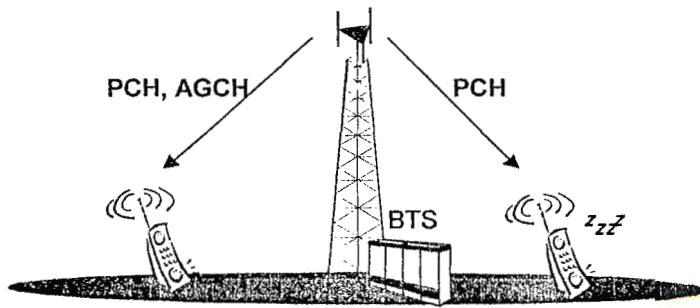


Figura. Canales comunes de control en el downlink

C=PCH cuando la red desea informarle al móvil que tiene una llamada.
 Para ello hace un paging a todos los móviles y solo el llamado responde.
 C=AGCH luego de que el móvil ha hecho una petición de acceso por medio de un RACH

5.3.2 Canales de control en uplink

5.3.2.1 Random Access Channel o RACH

El RACH es un canal de acceso aleatorio utilizado por el MS, para solicitar un canal dedicado a la red, es decir la asignación de un SDCCH. Este consiste en una canal unidireccional multipunto a punto, el cual indica que el MS escoge su tiempo de emisión en dicho canal, de manera aleatoria, lo que resulta en colisiones múltiples entre las emisiones de otros MS. También tiene un tipo especial de canal físico asociado, el *random access burst*. Antes de que el enlace permanente sea establecido, habrá que medir el retardo del móvil. Esto se logra por medio de este canal.

En la siguiente figura se ilustra la estructura de este canal lógico.

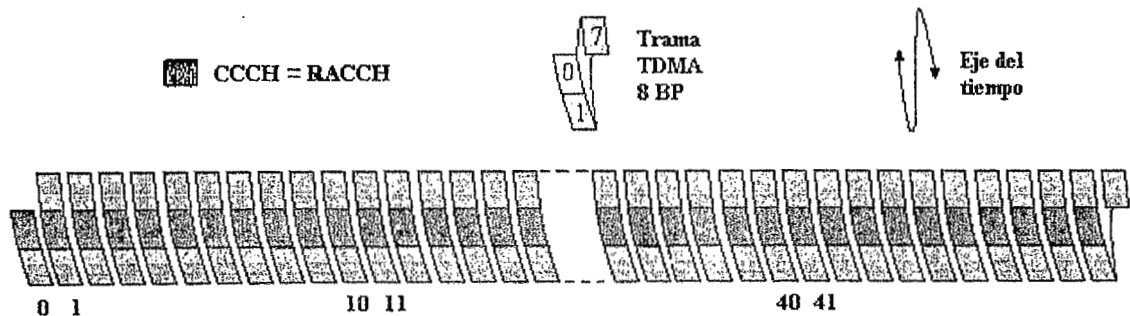
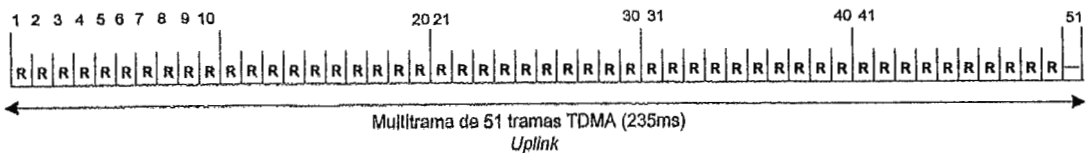


Figura. Configuración de canal CCCH en el uplink en la trama TDMA



Canal Lógico	Función
RACH <i>Random Access Channel</i>	- Utilizado por el móvil para hacer una petición de acceso a la red

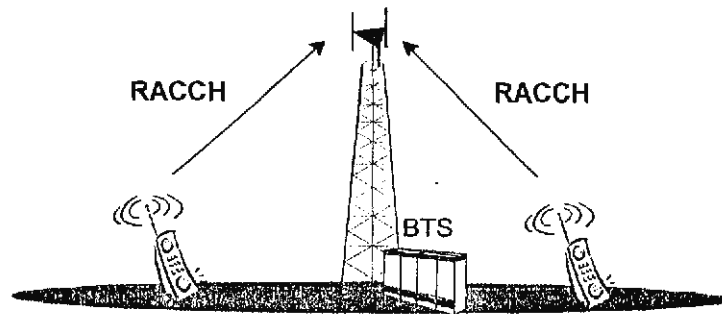


Figura. Canales comunes de control en el uplink

Los móviles que desean iniciar una llamada hacen una petición de acceso a la red por medio del canal de control RACH en cualquier momento y de forma aleatoria.

5.4 Canales Dedicados de Señalización (SDCCH)

Continuamente existe la necesidad de mantener la señalización de control. Esta tarea se realiza bien por canales independientes (Canales Dedicados de Control), o por canales asociados a otro canal (Canales Asociados de Control), ya sean estos últimos de tráfico o dedicados de control. La transición entre el modo desocupado a modo dedicado, requiere del intercambio de información entre el MS y la BTS.

Existen 2 tipos de canales, que se utilizan durante el establecimiento de una llamada: el Slow Associated Control Channel o SACCH y el Stand alone Dedicated Control Channel o SDCCH.

5.4.1 Slow/Fast Associated Control Channel (SACCH)

Para poder enviar datos de señalización en paralelo con la llamada del usuario, GSM permite dos posibilidades. Cada canal de tráfico puede venir acompañado de un canal asociado de baja velocidad, usado para transportar la señalización, el SACCH. Este es un canal bidireccional, que es utilizado para mandar información de parámetros de control y de medida (niveles de potencia) necesarios para propósitos de *handovers*. Este es un canal lento que siempre se utiliza asociado a un canal de tráfico o a un canal SDCCH y viceversa. En el sentido downlink, apenas y se transmite información. Así, la BTS se mantiene continuamente identificada, a través de este canal y además informa al móvil si debe de alterar su control de retardo o su nivel de potencia. En el

sentido uplink, el móvil informa de sus medidas en las celdas adyacentes. De esta forma ayuda a la red a tomar decisiones en los procesos de handover. También recuerda a la BTS, de cuales son los parámetros de corrección de retardo y de nivel de potencia que esta utilizando.

La otra posibilidad es la de un canal de alta velocidad, el FACCH, también utilizado para transportar la señalización para comandar un *handover*. La diferencia entre este tipo de canal y el otro radica en que este hace uso de un canal de tráfico para mandar la señalización. El receptor es capaz de diferenciar cualquiera de estas señalizaciones, por medio de una información binaria transmitida en el canal de tráfico, llamada *stealing flag* o bandera de robo. Durante las fases de inicialización y de terminación no se transmite información del usuario y por ende la señalización puede usar el canal, sin ningún conflicto con otro tipo de datos. Sin embargo, durante la llamada, la transmisión de la señalización asociada de alta velocidad se realiza a costa de los datos del usuario.

Cuando el MS se encuentra en modo dedicado, siempre le es asignado un canal bidireccional de baja capacidad (SACCH), conjuntamente con los canales de tráfico asignadas a cada usuario. El SACCH es utilizado para una variedad de funciones, entre las cuales se identifican; el monitoreo de la conexión de una comunicación y los reportes de medición. A continuación explicamos cada una de estas funciones:

Monitoreo de la conexión

En el sentido del downlink, el SACCH lleva los comandos relacionados con el control de potencia y el timing advance. Estos son seteados por los mensajes SACCH enviados por la red, recíprocamente el MS responde a dichos mensajes con un “acknowledge”, utilizando siempre el canal SACCH en el sentido del uplink. El timing advance es controlado automáticamente por la BTS, por otro lado, la potencia de transmisión está controlada por la BSC. La BSC analiza las mediciones y utiliza los mensajes RSM MS POWER CONTROL y RSM BS POWER CONTROL para transportar los seguimientos necesarios a la BTS.

Los reportes de medición son enviados con el MS en el enlace del uplink en el canal SACCH, por lo menos una vez cada segundo, para ello se utiliza el mensaje RIL3 – RR MEASUREMENT REPORT. De manera general, la BTS genera el mensaje hasta la BSC RSM MEASUREMENT RESULT por cada mensaje recibido por parte del MS en cada periodo de medición, el cuál indica si un reporte de medición ha sido recibido de parte de un MS. Todos estos mensajes son luego procesados por la BSC para el control en la potencia de transmisión y la preparación de los handovers.

Información general

Un segundo uso que se le da al canal SACCH es la transmisión de la información general de la red hacia los MSs. Esta información incluye parámetros específicos a la conexión de radio y puede clasificarse de la siguiente manera:

- Parámetros para el monitoreo de los procesos de medición, lista de frecuencias a monitorear, BSC, BCCH.
- Parámetros para el control de detección de fallo en el enlace de radio.
- Parámetros para la transmisión discontinua en el uplink.

El conjunto de toda esta información corresponde al proceso de reducción en general. Cabe notar que luego de un handover, el MS debe de esperar por toda esta información, antes de comenzar un nuevo reporte de medición.

El SACCH siempre es utilizado en ambas direcciones para una comunicación dada y esta es la razón por la cuál se tiene un constante envío de los mensajes de RIL3-RR SYSTEM INFORMATION en el sentido del downlink y los mensajes de RIL3-RR MEASUREMENT REPORT en el sentido del uplink.

En la siguiente figura se ilustra este proceso de comunicación bidireccional con la red.

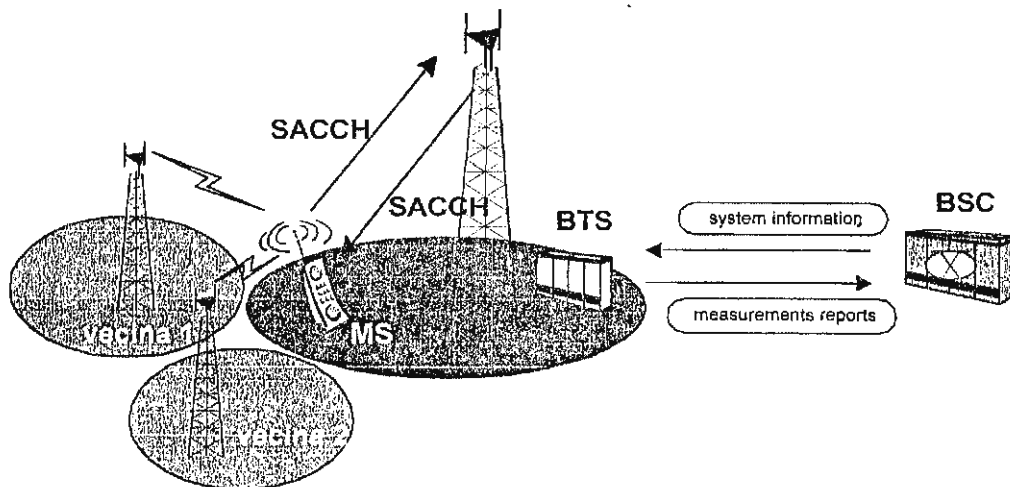


Figura. Utilización del SACCH.

El canal SACCH es utilizado tanto por la red como por los móviles en ambas direcciones. En el *uplink* es utilizado para generar reportes de medición de potencia y de los niveles de recepción de las vecinas y en el *downlink* para enviar información de la red.

5.4.2 Stand alone Dedicated Control Channel (SDCCH)

Cuando el móvil marca un número y oprime la tecla "send" se lleva a cabo la asignación de la llamada, transmitiendo un corto impulso RACH en el enlace de ascenso (usando la misma ARFCN que el BCH usa en el enlace de descenso). La BTS responde al RACH insertando un AGCH en el CCCH. El móvil escucha en el BCH buscando el AGCH y cuando lo recibe y decodifica las instrucciones, se sintoniza con otra ARFCN y/o TS e inicia un diálogo de dos sentidos con la BTS, a través de un SDCCH. Una de las primeras cosas que recibirá el móvil será el SACCH, asociado con el SDCCH. El móvil obtendrá información de avance de sincronía y de control de potencia. La BTS habrá calculado el avance de sincronía correcto a partir del tiempo de llegada del RACH. Una vez que el móvil obtiene la información de avance de sincronía, puede enviar impulsos de extensión normal. El SDCCH es un canal bidireccional que se utiliza para enviar mensajes en el enlace de descenso, que proveen la señalización para poder establecer una llamada, actualización de la localización, autenticación, transición a modo de encriptamiento y asignación de los canales de tráfico. El SDCCH en ocasiones se configura como un canal lógico en el BCH (modo combinado) y en ocasiones en su propio canal físico independiente del BCH

(modo no combinado). El SDCCH tiene una estructura multitrama diferente. Los impulsos SDCCH se repiten con menor frecuencia que una vez por trama. Por esta razón 8 SDCCHs pueden compartir un canal físico. Como consecuencia, la velocidad de datos en el SDCCH es menor que el TCH. Durante el proceso de establecimiento de una llamada, puede haber mucho tiempo entre el envío de un RACH por el móvil y la obtención del servicio y el inicio de la conversación. Se consume tiempo mientras el teléfono suena en espera de ser contestado. Durante este período existe la necesidad de intercambiar información de control entre el móvil y la BTS. Se envían mensajes de alerta y se realiza la autenticación, pero sin necesidad de enviar información del habla. El SDCCH al utilizar una menor cantidad de recursos de canales físicos de la celda, mejora la eficiencia y provee un canal libre útil para el móvil (TCH), hasta que resulta necesario intercambiar datos de habla. Al igual que el TCH, el SDCCH tiene un SACCH asociado a él.

Existen diferentes casos de organización de un SDCCH:

- Algunos pueden estar agrupados por 8 para formar el equivalente de un TCH/F; éstos son llamados SDCCH/8 (Modo no combinado). Para esto se utiliza un TS diferente del utilizado para el BCH (TS0). Pudiendo ser este el TS1 por ejemplo. Aquí se sacrifica un canal de tráfico y esta configuración se utiliza en los casos en que no se maneje mucho tráfico en la red.

En la siguiente figura se ilustra esta configuración

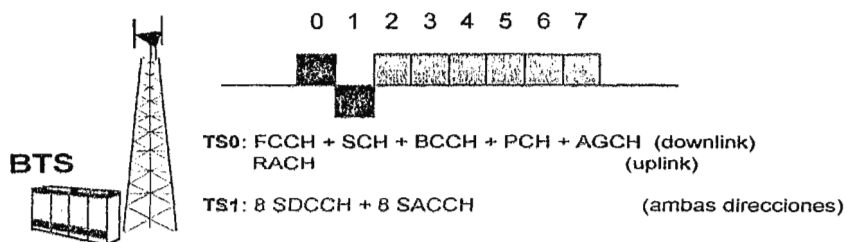


Figura. Configuración no combinado

- Otros pueden estar agrupados por 4 y estar combinados con los canales comunes de control para poder formar el equivalente a un TCH/F; estos son llamados SDCCH/4 (modo combinado) y se ubican en el TS0.

En la siguiente figura se ilustra esta configuración

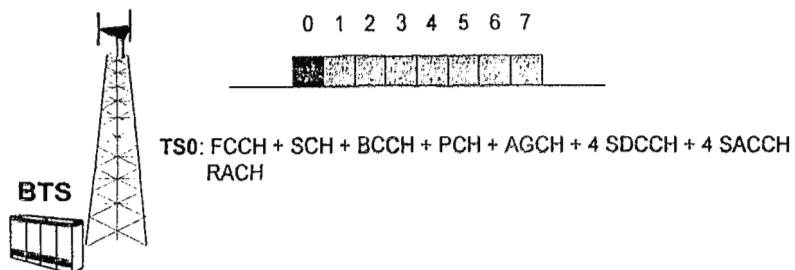


Figura. Configuración combinado

En la siguiente figura se ilustra la estructura de los canales SDCCH y SACCH.

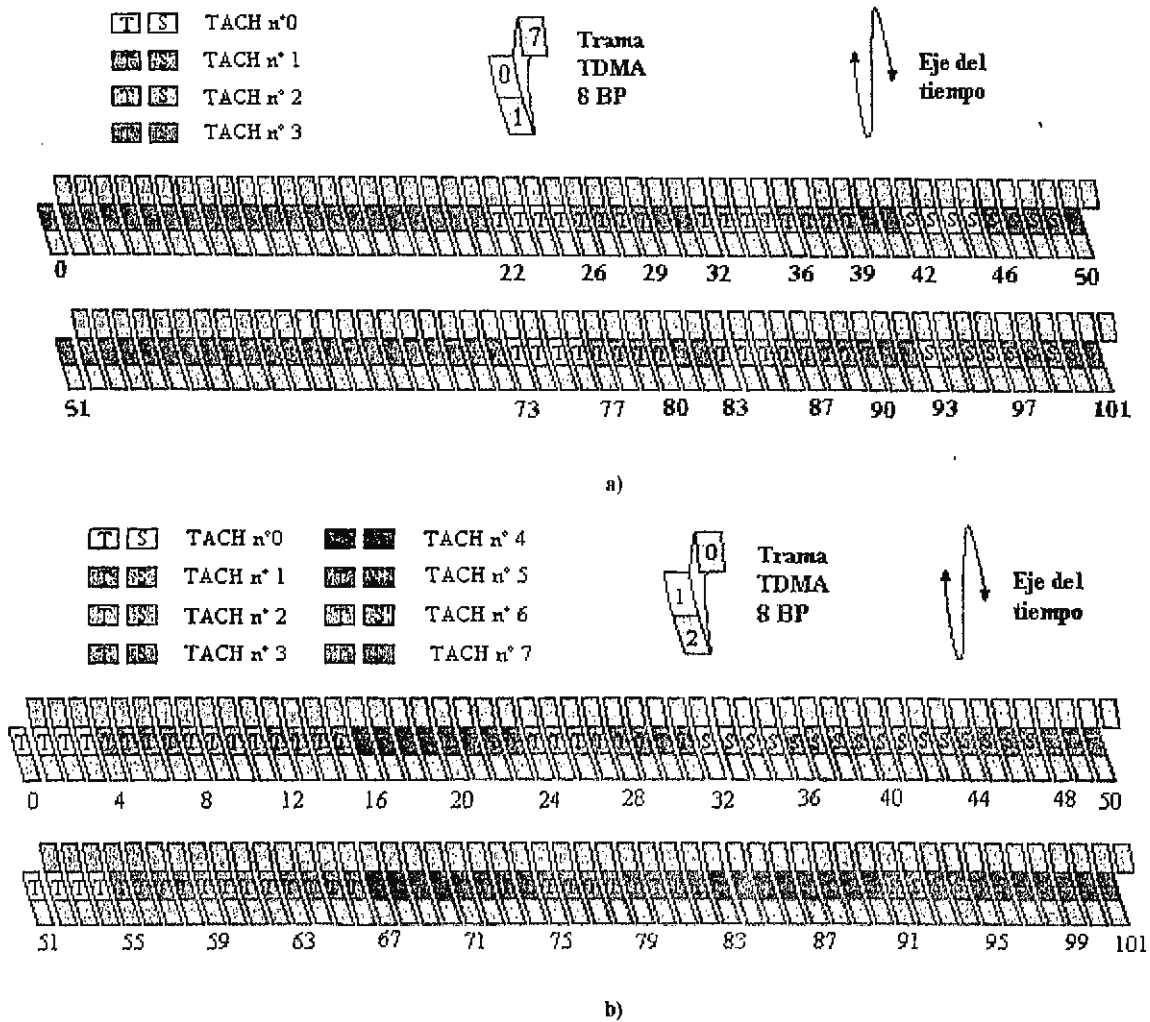


Figura. Canales Dedicados de Señalización a) Combinados y b) No combinado

5.5 Canales de Tráfico (TCH)

5.5.1 Tipos de canales de tráfico

La nomenclatura para los distintos canales de tráfico (TCH) es la siguiente.

TCH/FS (*full-rate speech*) es el canal empleado actualmente para la transmisión de voz a un régimen de 13kbps.

TCH/HS (*half-rate speech*) es el canal de voz para uso futuro, que permite reducir el régimen binario a 6.5kbps mediante el uso de un codificador vocal, que comprima la señal de voz el doble

que el anterior, sin pérdida de calidad. La utilización de este tipo de canales permitirá prácticamente doblar la capacidad total del sistema.

TCH/Fxx son los canales *full-rate* para transmisión de datos (fax, computadoras) donde los índices xx indican el régimen binario, que puede ser de 9.6, 4.8 o 2.4kbps.

TCH/Hxx son los canales *half-rate* para transmisión de datos siendo en este caso las velocidades de transmisión de 4.8 o 2.4kbps.

5.5.2 TCH/F y su SACCH

Un TCH/F esta siempre acompañado de su canal lento asociado SACCH. Para efectos de simplicidad a lo largo de este documento nos referiremos a la asociación de un TCH/F y su SACCH como **TACH/F**. Un TACH/F está definido cíclicamente. Consiste en un TS cada 8 BP o 4.615ms. Como consecuencia de esto consiste en los slots cuyo número de TS, es 8 veces un entero mas un valor *k* entre 0 y 7. Este valor *k*, se conoce como fase modulo 8 de los números de los slots del canal. A este término se le conoce también como **Time Slot Number (TN)** del canal. En la siguiente figura se ilustra la configuración de un canal de tráfico con su respectivo canal asociado.

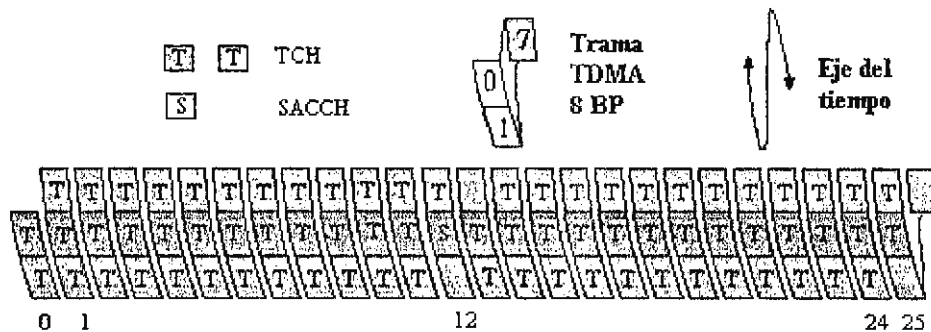


Figura. TCH/F y SACCH

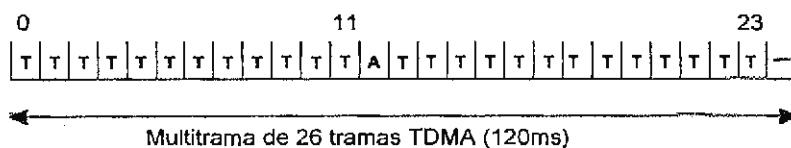


Figura. Configuración de las tramas

Los canales de tráfico estas siempre acompañados de un SACCH (A) a través del cual, una vez establecida la comunicación, el MS intercambia información con la red referente a los niveles de potencia de las vecinas, potencia del móvil, etc.

8 diferentes tipos de TACH/F con diferentes TN, pueden ser emitidos por un solo transmisor, a cualquier momento dado, un simple TACH/F del grupo puede ser emitido. Esta es la base del concepto TDM (Time División Multiplex).

Un TACH/F contiene un TCH/F y un SACCH. La separación de estos dos canales se especifica también en el dominio del tiempo, usando un ciclo de 26 tramas (26 x 8 TS, con un periodo total

de 12 ms). El valor de 120ms es un valor exacto que fue escogido como un múltiplo de 20ms con el fin de obtener sincronismo con las redes fijas (ISDN).

De la arquitectura del TACH/F de un ciclo de 26 tramas, 24 son utilizadas para los TCH/F, una para el SACCH y una donde no se transmite nada. Para los TCH/F un ciclo corresponde a 24 tramas TDMA, cada una de 120ms a una razón de 22.8kbps. Sin embargo, para el SACCH, el ciclo completo requiere 4 ciclos, por lo que el tiempo de ciclo está dado por $26 \times 8 \times 4 = 104 \times 8 \text{ BP} = 480\text{ms}$ a una razón de 960bps.

En el enlace de descenso, el SACCH se usa para enviar en forma lenta, pero regular información cambiante de control al móvil. Ejemplo de ello, es indicarle que cambie su potencia de transmisión (MS TX lev) y avance de sincronía del impulso al moverse alrededor de una celda (para compensar el retardo de tiempo debido a la propagación).

En el enlace de ascenso, el SACCH transporta información acerca de la potencia (RXlev) y la calidad (RXQual) de la señal recibida del TCH/F y los resultados de la medición del BCH de las celdas adyacentes.

Además de recibir información el MS, debe de cambiar de frecuencia y estar listo para recibir y medir los niveles de los canales de transmisión de las celdas adyacentes. Después reporta esta información a su propia BTS, con el fin de establecer cuando será apropiada una entrega entre celdas.

El MS utiliza la lista ARFCN en la tabla de **Asignación Base** o **BA**, para conocer cuales frecuencias BCH buscar y medir. La tabla BA está codificada en el BCH y también en el SACCH del enlace de descenso. De igual manera, los MS deben de tener la capacidad de alternar, según sean las frecuencias que han sido asignadas a la celda. La secuencia alternante está definida por las tablas de **Asignación de Celdas** o **CA** y **Asignación de Móvil** o **MA**. La tabla CA es una lista maestra de todas las frecuencias de salto, disponibles en una celda en particular; la cual, es enviada al móvil en el BCH y SACCH. La tabla MA es un índice de la tabla CA y suministra una secuencia alternante para un MS en particular, la que es enviada al móvil como parte del proceso de entrega o asignación de canales.

5.5.3 Mapeo de los canales Lógicos en los canales Físicos

Los canales lógicos son transmitidos sobre los canales físicos, tal y como se comentó anteriormente. El método por el cual los canales lógicos son colocados sobre los canales físicos, se conoce como *mapeo*. Así como existen algunos canales lógicos cuya información puede transmitirse en un solo time slot, hay otros que requieren más. De ser así, la información de los canales lógicos es transportada en el time slot del mismo canal físico de tramas TDMA consecutivas. Como los canales lógicos son cortos, varios canales lógicos pueden compartir el mismo canal físico, haciendo el uso de los time slots más eficiente.

En la siguiente figura se muestran las frecuencias portadoras de los diferentes canales lógicos canales lógicos para una celda.

		Time slot							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Frecuencia portadora	0	B, C, D	T	T	T	T	T	T	T
	1	T	T	T	T	T	T	T	T
	2	D	T	T	T	T	T	T	T
	3	T	T	T	T	T	T	T	T

canal físico

B: BCCH
 C: CCCH
 D: DCCH
 T: TCH

Figura. Mapeo de canales lógicos sobre canales físicos

Portadora 0, Time slot 0

El time slot 0 de la primera frecuencia portadora en una celda esta siempre reservado para propósitos de señalización. Así el MS sabe donde buscar en el momento en que quiera determinar, cual de todas las frecuencias de una celda es la portadora.

En el enlace de descenso, la información de los canales BCH y CCCH es transmitida. El único canal lógico que se utiliza en el sentido de ascenso es el RACH. Teniendo el enlace de ascenso disponible solo para este canal, un MS puede iniciar una llamada en el momento que lo desee.

Portadora 0, time slot 1

Generalmente, el time slot 1 de la primera frecuencia portadora en una celda, esta reservada para propósitos de señalización. Como pudo apreciarse en la figura anterior, en el caso que se tenga un alto tráfico en una celda, se puede hacer uso de este time slot asignándole al canal lógico DCCH utilizado para la inicialización de las llamadas. En el caso de que la celda no tenga mucho tráfico, es posible utilizar el time slot 0 de la primera frecuencia portadora, para transmitir todos los canales de señalización: BCH, CCCH y DCCH. Esto permitirá utilizar el time slot 1 para tráfico. 8 SDCCHs y 8 SACCHs pueden compartir el mismo canal físico, lo que significa que en un mismo canal físico se pueden inicializar hasta 8 llamadas.

Portadora 0, time slots 2(1)-7 y todos los time slots de las otras frecuencias

Todos los time slots en una celda, aparte de los utilizados para propósitos de señalización, son destinados a cursar tráfico, voz o datos. Para esto es utilizado el canal TCH.

Además, a intervalos regulares durante una llamada, un MS transmite a su BTS, los reportes de mediciones de la señal en cuanto a nivel y calidad. El canal lógico SACCH se utiliza para esto, remplazando un time slot TCH cada determinado tiempo.

5.5.4 Cuadro resumen de los canales lógicos

Broadcast Channels (BCH)			
Canales Lógicos	Dirección	BTS	MS
FCCH <i>Frequency Correction Channel</i>	Downlink Punto multipunto	Transmite una frecuencia portadora	Identifica la portadora BCCH por medio de esta frecuencia portadora y se sincroniza con el BCCH
SCH <i>Synchronisation Channel</i>	Downlink Punto multipunto	Transmite información acerca de estructura de la trama TDMA en una celda y la identidad de la BTS a través del Base Station Identity Code (BSIC)	Se sincroniza con la estructura de la Trama y se asegura de que la BTS Escogida pertenezca a la red GSM
BCH Broadcast Control Channel	Downlink Punto multipunto	Transmite información general a todos los MSs tal como el Location Area Identity (LAI), máxima potencia de transmisión en una celda y la identidad de las portadoras BCCH de las celdas vecinas	Recibe el LAI y lo compara con el guardado en ese momento en la tarjeta SIM. Si son diferentes entonces le indica a la red y comienza el proceso de Actualización de Ubicación (LU)

Common Control Channels (CCCH)			
Canales Lógicos	Dirección	BTS	MS
PCH <i>Paging Channel</i>	Downlink Punto a punto	Transmite un mensaje de paging para indicar una llamada entrante o un mensaje corto. El mensaje de paging contiene el número de identificación del usuario que la red desea contactar	A ciertos intervalos de tiempo el MS Escucha al PCH. Si reconoce el número Que identifica al usuario entonces responde.
RACH <i>Random Access Channel</i>	Uplink Punto a punto	Recibe las peticiones de los MSs para la asignación de un canal de señalización (para el seteo de la llamada)	Responde los mensajes de paging solicitando un canal de señalización
AGCH Access Grant Channel	Downlink Punto a punto	Asigna un canal de señalización (SDCCH) al MS	Recibe la asignación de un canal de señalización (SDCCH)

Dedicated Control Channels (DCCH)			
Canales Lógicos	Dirección	BTS	MS
SDCCH <i>Stand alone Dedicated Control Channel</i>	Uplink y Downlink punto a punto	La BTS se cambia al SDCCH asignado. El proceso de seteo de la llamada al inicio es hecho en modo desocupado	El MS se cambia al SDCCH asignado. El Seteo de la llamada se realiza así como La información de la asignación del TCH (portadora y time slot)
CBCH <i>Cell Broadcast Channel</i>	Downlink Punto multipunto	Utiliza los canales lógicos para transmitir mensajes cortos	Recibe los mensajes de broadcast
SACCH <i>Slow Associated Control Channel</i>	Uplink y Downlink punto a punto	Indica al MS sobre la potencia de transmisión que debe utilizar y da instrucciones para el Timing Advance (TA)	Envía un reporte de mediciones a la BTS que le sirve (nivel de recepción y calidad) El MS utiliza este canal durante la comunicación para seguir enviando estos mensajes
FACCH <i>Fast Associated Control Channel</i>	Uplink y Downlink punto a punto	Transmite información para comandar un handover	Transmite información para solicitar un handover

Introducción	98
6.1. Proceso de acceso a la red	99
6.1.1 Acceso	99
6.1.2 Paging	102
6.2. Proceso de autenticación	103
6.2.1 Necesidades del sistema	103
6.2.2 Proceso de autenticación	104
6.2.3 Encriptamiento	105
6.2.4 Intercambios entre los componentes de la red	106
6.3. Asignación de recursos para el seteo de la llamada	107
6.3.1 Procedimientos para los modos de transmisión	107
6.3.2 Control del modo cifrado	110
6.4. Establecimiento de la llamada	110
6.4.1 Flujo de señalización para el establecimiento de la llamada	111
6.4.2 Flujo de señalización para la terminación de la llamada	112
6.4.3 Diagrama general del proceso de establecimiento de la llamada	114

Cap6 Control de la llamada: Establecimiento

Introducción

En los capítulos anteriores se estudiaron los principales sistemas que integran una red GSM. Se describió también la manera en como éstos se interconectan y sus funciones dentro de la red. También se introdujeron conceptos como las áreas de ubicación y los procesos de actualización de ubicación que regularmente se dan en la red para determinar la posición de un móvil. Asimismo, se estudiaron en detalle los principales canales lógicos tanto de control como de voz y del funcionamiento de cada uno de ellos. Hasta ahora, el lector habrá tenido una idea general de cada uno de los componentes que conforman una red GSM, tanto a nivel físico como a nivel de flujo de información (señalización). Sin embargo, todavía hace falta hacer una integración de la funcionalidad de cada uno de estos componentes y de ver como funcionan conjuntamente. Esto se logra al momento de que un usuario desea establecer una comunicación. Es en este punto, en que realmente el lector podrá darse cuenta de la importancia de cada una de las etapas descritas anteriormente y de porque era vital su entendimiento. El capítulo comienza con el proceso de acceso a la red por parte del móvil y el proceso de autenticación y validación por parte de la red. Posteriormente viene la etapa de asignación de recursos para la transmisión de la información del usuario. En un último aspecto se describirán los procesos de enrutamiento de las llamadas y de la interacción que se da entre cada uno de los componentes de la red.

6.1 Proceso de Acceso a la red

Básicamente un MS tiene dos modos de operación: el modo desocupado, cuando no está conectado con la red y el modo dedicado, cuando hace uso de los recursos de la red para establecer y mantener una comunicación. La transición entre el modo desocupado y el modo ocupado se conoce como **acceso**. El proceso de acceso puede ser inicializado, ya sea del lado del MS (cuando el usuario origina una llamada) o del lado de la red (cuando ésta le informa al móvil de una llamada entrante).

En los siguientes párrafos, explicaremos como se efectúa la transición del modo desocupado al modo dedicado, analizando en un primer plano el proceso de *acceso* y posteriormente el de *paging*.

6.1.1 Acceso

El primer paso en cualquier proceso que ha de efectuar un móvil en relación con la red, es el de poder acceder a ella. Como se ha definido anteriormente, el proceso de acceso es siempre iniciado por el móvil y pueden distinguirse las siguientes causas:

- Llamada originada por un MS
- Llamada hacia un MS
- Actualización de la ubicación del móvil
- Reestablecimiento de una llamada

6.1.1.1 Descripción general

En todos los casos el procedimiento de acceso es el mismo y siempre son iniciados por el MS, a través del canal lógico Random Access Channel (RACCH).

El MS le indica a la red que quiere acceder enviando una petición de acceso, a través del RACCH a la BTS que actualmente le sirve. El móvil provee muy poca información en la petición de acceso, ya que no envía información acerca de su identidad, ni una razón específica de los motivos de solicitud de acceso a la red. Una vez que la BTS ha recibido este mensaje, ésta le responde con un mensaje de asignación inmediata, a través del canal de descenso el Access Grant Channel (AGCH), el cual posteriormente se encargará de asignarle un canal de radio exclusivo para su comunicación.

En términos de señalización, el proceso comienza con el mensaje RIL3-RR CHANNEL REQUEST, enviado por el móvil en el RACCH, la respuesta de la red consiste en el mensaje RIL3-RR IMMEDIATE ASSIGNMENT enviado en el AGCH, llevando la descripción del canal asignado al móvil para iniciar la comunicación. Finalmente el móvil establece el enlace con la red, para enviar la señalización necesaria para iniciar y mantener la comunicación en este canal y envía el “mensaje inicial” donde manda su identidad así como los motivos de su petición de acceso. En las siguientes secciones se abordarán más en detalle cada uno de estos pasos. En la siguiente figura se ilustra este proceso.

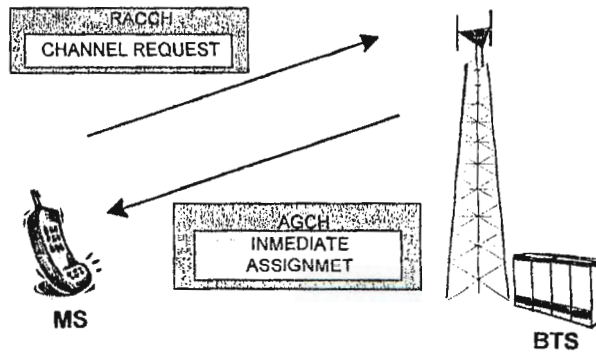


Figura. Diagrama general del proceso de acceso

6.1.1.2 Contenido del mensaje RIL3-RR CHANNEL REQUEST

Este mensaje es muy corto y consta solamente de 8 bits, lo que obviamente resulta insuficiente para toda la información referente al MS. De hecho, esta información es la que se envía en el mensaje inicial como será descrito más adelante, una vez que la BTS le ha respondido al móvil. En la siguiente figura se ilustra la estructura de este mensaje.

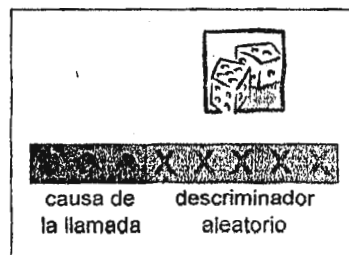


Figura. Contenido del mensaje RIL3-RR CHANNEL REQUEST

Para poder llamar la atención de la red el móvil escoge un número discriminador aleatorio de 5 bits generado internamente, que sirve en un principio como un medio de identificación del móvil. Posteriormente cuando la BTS ha recibido y procesado petición, esta le retorna un mensaje de respuesta etiquetado con dicho valor para poder ser reconocido por el móvil.

Los 3 bits restantes proveen un cierto nivel mínimo de identificación de la causa de la petición del acceso. Entre las principales causas se tienen:

- Llamadas de emergencia
- Suscripción del MS
- Respuesta a un paging
- Llamada originada por un MS
- Reestablecimiento de una llamada

6.1.1.3 Proceso de asignación inicial. Mensaje RIL2-RR INITIAL ASSIGNMET

Luego que la BTS ha decodificado correctamente la petición del canal enviada por el móvil, le indica a la BSC por medio del mensaje RSM CHANNEL REQUIRED, que un móvil solicita un recurso de radio para iniciar una comunicación. Como todo este proceso requiere del procesamiento de información, éste no se hace de manera instantánea, sino, luego de varios milisegundos. Es por eso que junto a este mensaje (y básicamente en todos los mensajes de señalización entre los componentes de la red), va enviado un parámetro importante en la información: el retardo de tiempo.

Básicamente el proceso consiste en que la BSC, escoge un canal dedicado libre para la señalización del móvil (SDCCH), lo activa en la BTS, y cuando la BTS reconoce dicha activación, envía el mensaje IMMEDIATE ASSIGNMENT en el canal lógico AGCH. Todo este proceso se efectúa en la interfaz Abis, dentro de la cual la BSC, prepara una indicación de asignación inicial, conteniendo el valor discriminador recibido en el mensaje RIL3-RR CHANNEL REQUEST, así como el número de la trama TDMA para verificar si el mensaje le concierne o no. El número de la trama TDMA, es importante en el sentido de que el móvil, debe de estar sincronizado todo el tiempo, a causa de los efectos de retardos por el fenómeno de la propagación y realizar un ajuste de tiempo o *timing advance* por la BTS en caso de que sea necesario.

La indicación de agnación inicial enviada al móvil en el AGCH, contiene la descripción del canal asignado (SDCCH), el ajuste de tiempo a realizar (timing advance), la máxima potencia de transmisión, así como el direccionamiento del mensaje para poder identificar al móvil.

En la siguiente figura se ilustra este proceso.

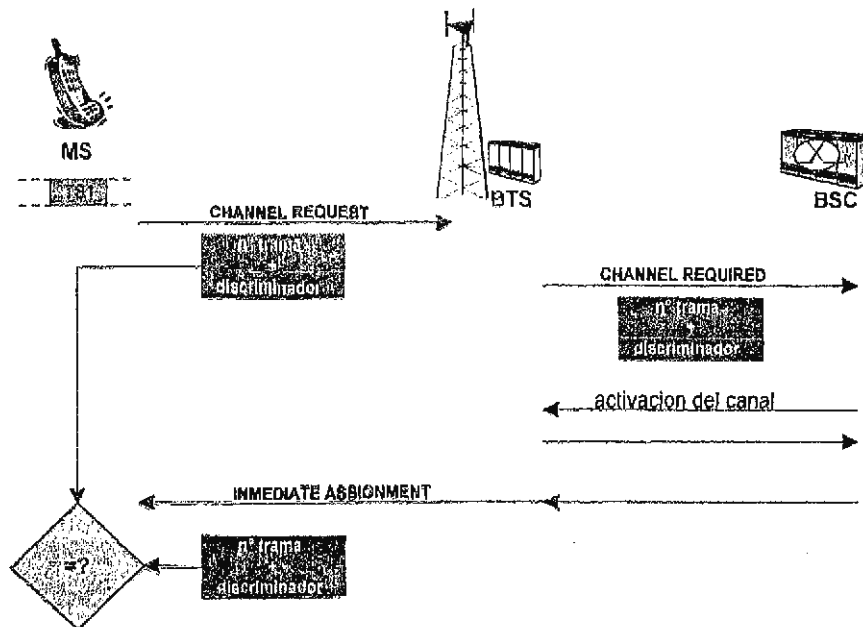


Figura. Proceso de asignación Inicial

6.1.1.4 Mensaje inicial

Una vez que el móvil ha recibido la indicación de asignación inicial, este modifica su configuración en la transmisión y la recepción a la nueva frecuencia y/o tiempo del nuevo canal. El primer paso que realiza el móvil es el de enviar una trama de la capa de enlace, la **SABM** (Set Asynchronous Balanced Mode) para SAPI 0 (señalización en el enlace de radio). La trama SABM no contiene información más que la necesaria, para garantizar el establecimiento del enlace y contiene un mensaje de señalización que clasifica la causa de la petición de acceso a la red. La siguiente tabla resume las principales causas.

Causa	Mensaje
Respuesta a un paging	RIL3-RR PAGING RESPONSE
Actualización de ubicación, conexión de IMSI	RIL-MM LOCATION UPDATING REQUEST
Desconexión de IMSI	RIL3-MM IMSI DETACH
Otros casos (inicio de llamada, SMS, etc.)	RIL3-MM CM SERVICE REQUEST

Tabla. Causas y mensajes de petición de acceso

Una vez que el mensaje inicial ha sido emitido por la BTS y enviado sin modificación al móvil a través de la trama UA, este se pasa al BSC a través del mensaje RSM ESTABLISH INDICATION y el BSC establece una conexión SCCP hacia el MSC. Esto se logra por medio del mensaje SCCP CONNECTION REQUEST. Solo en este punto es cuando realmente el MSC se da cuenta de la existencia del móvil y de su requerimiento para acceder a la red. El mensaje inicial es enviado posteriormente, luego del establecimiento de la conexión SCCP y es transportado por medio del mensaje BSSMAP COMPLETE LAYER3 INFORMATION. Este contiene suficiente información para que el MSC pueda tomar las acciones necesarias para el control de la llamada. Sin embargo, la parte del ruteo y control de las llamadas será objeto de estudio de las secciones posteriores. Cuando el proceso de acceso ha terminado, se tiene establecido un enlace directo entre el móvil y el MSC. Por medio de la conexión SCCP, el MSC toma el control de las decisiones concernientes a la transmisión de las comunicaciones y el BSS se encarga solo del monitoreo de la llamada y de las acciones intermedias que podrían surgir (handovers, actualización de ubicación, etc.).

6.1.2 Proceso de paging

Cuando una llamada hacia un usuario móvil llega al MSC, el cual sirve al móvil en ese momento, el MSC determina el área de ubicación donde éste último se encuentra registrado y envía el mensaje BSSMAP PAGING a todos los BSCs, que controlan celdas en esa área. El mensaje contiene la identidad del usuario a quien se desea hacer paging y la lista de frecuencias sobre las cuales se enviará dicho mensaje. La BSC a su vez, envía el mensaje RSM PAGING COMMAND a las BTSs, las cuales utilizan el canal PAGCH para enviarlo a todos los MSs confinados en el área de ubicación. En las siguientes figuras se ilustra este proceso.

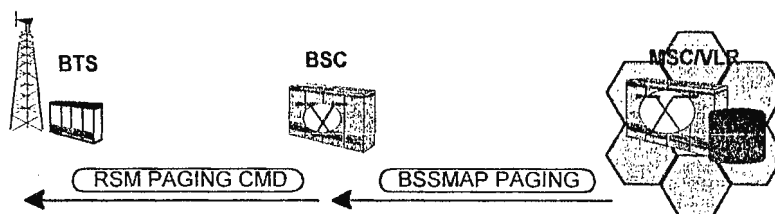


Figura. Intercambio de señalización

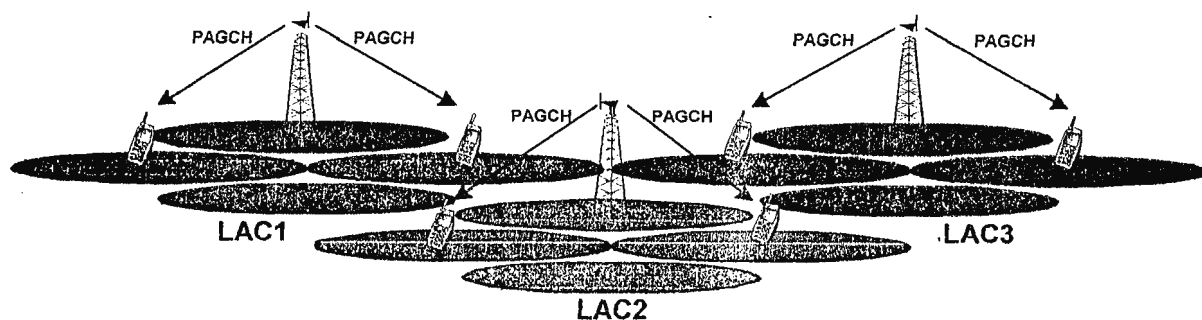


Figura. Proceso de paging

6.2 Proceso de Autenticación

6.2.1 Necesidades del sistema

Dentro de cualquier servicio de telecomunicaciones la garantía de la seguridad y la confidencialidad de los datos de los usuarios, es un parámetro de vital importancia en cuanto a calidad del servicio se refiere. GSM no es la excepción y las funciones de seguridad pueden clasificarse en dos áreas que son:

- La protección de la red contra accesos no autorizados
- La protección de la privacidad de los usuarios

La primera se logra en el proceso de autenticación, por medio de una verificación de la identificación del suscriptor usando la tarjeta SIM. Desde el punto de vista del operador esta función es de vital importancia (sobre todo para el roaming internacional), donde la red visitada no tiene conocimiento del record del usuario.

La segunda se logra por diferentes medios. La transmisión puede ser cifrada, para que terceras partes no puedan escuchar la comunicación en el enlace de radio. Sin embargo, como en la red de telefonía publica PSTN, la comunicación en la infraestructura es enviada tal cual, solo en la interfaz aire esta es modificada.

Básicamente la administración y control de la seguridad en GSM se basa en tres procedimientos que son:

- a) Autenticación
- b) Cifrado
- c) Uso de parámetros temporales en la interfaz radio

La siguiente es una lista en la cual se hace un resumen de las principales variables y componentes de la red que se involucran en el proceso de autenticación.

- Ki: llave secreta. Es un parámetro del suscriptor generado en el OMC.
- Kc: llave de cifrado calculada con el valor del Ki y un número aleatorio RAND
- RAND: Es un número aleatorio generado en la red entre 0 y 2^{128} .
- SRES: Signed Response.
- A₃: Algoritmo usado para determinar el SRES para la autenticación del suscriptor implementado en el AuC y la SIM.
- A₅: Algoritmo de encriptamiento implementado en el MS y la BTS.
- A₈: Algoritmo usado para calcular el Kc a partir de los valores RAND y Ki.

6.2.2 Proceso de autenticación

Como un primer nivel de seguridad para el usuario se tiene el uso del código PIN (Personal Identification Number), que se utiliza para su autenticación. Sin embargo, este nivel no garantiza una protección completa, ya que dicho valor se puede escuchar fácilmente, debido a que no se envía cifrado. GSM utiliza otro nivel de seguridad el cual se detalla a continuación.

La red genera internamente un valor aleatorio conocido como RAND, que oscila entre 0 y 2^{128} (lo que genera una enorme cantidad de posibilidades, garantizando que nunca dos usuarios escogerán el mismo número). La respuesta llamada Signed RESponse (SRES), se obtiene como la salida de un proceso que involucra un parámetro específico de cada usuario, el Ki (que se guarda en la SIM) y el valor RAND. El proceso para generar el SRES se basa en el algoritmo A₃ tal y como se muestra en la siguiente figura.

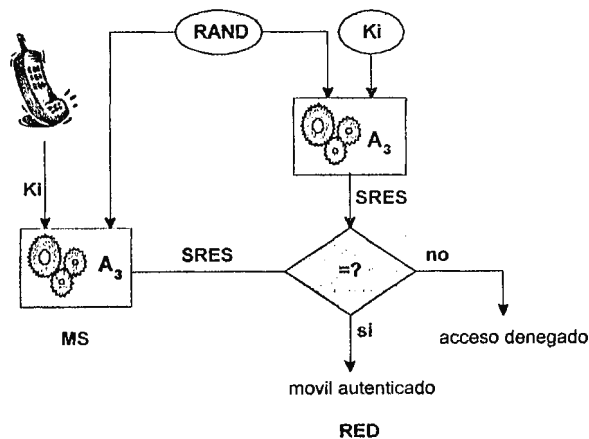


Figura. Proceso de autenticación del MS

Una vez que el proceso del algoritmo A_3 a concluido, la autenticación del MS su permiso a la red se basa en la igualdad de las dos respuestas generadas (SRES), tanto de parte del móvil como por parte de la red.

6.2.3 Encriptamiento

6.2.3.1 Descripción del proceso

Obtener una buena protección de los datos de los usuarios, resulta más sencillo en las transmisiones digitales y permiten un mayor nivel de seguridad. GSM hace uso de esta ventaja y permite que los procesos de encriptamiento en la cadena de transmisión, sean más sencillos para la protección de los datos de los usuarios en modo dedicado.

Tanto el cifrado como el descifrado son aplicados aplicando una operación "OR-exclusiva" entre los 114 bits codificados de una ráfaga y una secuencia de cifrado de 114 bits generada por un algoritmo específico conocido como A_5 . El algoritmo realiza el calculo en base a dos parámetros de entrada: el número de trama y el K_c . La secuencia de cifrado (los 114 bits) son diferentes tanto para el enlace de subida como para el enlace de bajada. Para todos los tipos de canales, el número de trama cambia de una ráfaga a la siguiente, de modo que para una comunicación dada en la misma dirección, la secuencia de cifrado cambia constantemente. Como los canales están organizados por tramas, se puede definir una secuencia cíclica de cifrado definida por la máxima longitud de una trama, es decir, una hipertrama (aproximadamente 3hrs), lo que genera aproximadamente 2048 secuencias diferentes.

En la siguiente figura se ilustra este proceso:

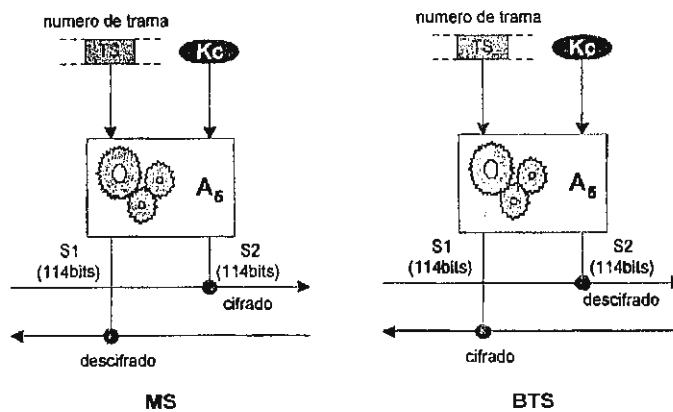


Figura. Proceso de cifrado

6.2.3.2 Manejo de la llave K_c

El parámetro K_c debe de ser común tanto para el MS como para la red antes del proceso de encriptamiento. El algoritmo utilizado para calcular el K_c a partir del RAND (el mismo utilizado para la autenticación) y K_i se llama A_8 . Para esto, el valor del K_i y el del algoritmo son

almacenados en la red y en el MS. Como estos valores están presentes en la red y en el MS, el Kc no necesita ser enviado por la interfaz aire, solo el valor RAND.

6.2.4 Intercambios entre los componentes de la red

Como se explicó anteriormente el cálculo del SRES para autenticación y la llave de cifrado Kc son realizados simultáneamente basados en los parámetros de entrada Ki y RAND.

La llave Ki es un parámetro del suscriptor. Como tal, se guarda en el HLR, mas precisamente en el AuC. Los procedimientos de autenticación y seteo de la llave son controlados por el MSC, el cual decide cuando manejar los procedimientos como: inicio de llamada, actualización de ubicación, etc.

Existen dos procedimientos a diferenciar:

- Procedimiento de autenticación en tiempo real y seteo de la llave Kc entre el MS y MSC.
- Procedimiento para el transporte de los datos entre el HLR/AuC y el MSC.

6.2.4.1 Proceso MS-MSC

El proceso de autenticación entre el MSC y el MS consiste en dos mensajes: el RIL3-MM AUTHENTICATION REQUEST originado por el MSC y que transporta el valor RAND al MS y el mensaje RIL3-MM AUTHENTICATION RESPONSE de parte del MS, en el cual envía el valor calculado SRES.

Del lado del receptor, el equipo terminal envía a la SIM el mensaje RUN GSM ALGORITHM, el cual contiene el valor RAND e inmediatamente después obtiene el mensaje GET RESPONSE que contiene los valores SRES y Kc.

6.2.4.2 Proceso MSC-HLR/AuC

El cálculo de los valores SRES y Kc del lado de la red, con conocimiento de los algoritmos A5, A8 y el valor Ki, han de ser realizados de modo que puedan ser utilizados por el MSC. Para ello se utiliza el AuC, el cual realiza los cálculos de manera similar al móvil, para generar los valores SRES y Kc. El resultado es lo que, como se detalló en el primer capítulo, se define como triplete (RAND + SRES + Kc), el cual es enviado al MSC. El MSC pone en reserva estos tripletes y los utiliza según sean requeridos al momento que un usuario desea validarse a la red. Esta reserva es utilizada cuando el suscriptor se conecta por primera vez a la red, precisamente al MSC. El triplete forma parte de los datos del suscriptor provistos por el HLR en el mensaje MAP/D INSERT SUBSCRIBER DATA. Medidas de seguridad exigen que un triplete deba de ser utilizado una sola vez. Como consecuencia, cuando la reserva de tripletes baja de cierto valor limite, el MSC se comunica con el AuC para que le envíe mas tripletes.

6.2.4.3 Protección de la identidad del usuario

El proceso de encriptamiento puede ser muy eficiente, pero no puede ser utilizado todo el tiempo para cualquier enlace de radio. El cifrado con el parámetro Kc aplica solo cuando la red conoce la identidad del suscriptor. El proceso de cifrado no puede ser ejecutado sobre los canales comunes

como el BCCH, el cual es recibido simultáneamente por todos los móviles en una celda (y en las celdas vecinas). Cuando un MS pasa a un canal dedicado, hay un pequeño intervalo de tiempo durante el cual la red no conoce todavía su identidad y por lo tanto no puede cifrar. Como consecuencia, todos los intercambios de señalización, incluyendo al mensaje inicial descrito anteriormente, así como parte de la identificación del usuario han de ser enviados en su formato original. Para darle una mayor protección a los datos del usuario se utiliza el parámetro Temporary Mobile Station Identity (TMSI), el cual se utiliza en lugar del IMSI cada vez que sea posible. El TMSI esta administrado por el VLR. El TMSI es primeramente asignado a un MS, la primera vez que se registra en un área y es descartado cuando el MS deja dicha área. Básicamente, esto se logra por los mensajes de señalización: RIL3-MM TMSI REALLOCATION COMMAND enviado por el MSC hacia el MS y la respuesta correspondiente RIL3-MM TMSI REALLOCATION COMPLETE de parte del MS.

6.3 Asignación de recursos para el seteo de la llamada

6.3.1 Procedimientos para los modos de transmisión y control del modo cifrado

El modo de transmisión es una característica de la cadena de transmisión en una red GSM y representa la manera como es transportada la información del usuario desde el MS hasta la red. El conjunto de los modos de transmisión, depende del canal utilizado en la interfaz radio. Básicamente podemos identificar 2 tipos de canales lógicos, que son: el SDCCH y el TCH. El TCH corresponde a un canal para transportar datos del usuario. El transporte de datos de señalización es un requerimiento al comienzo de la fase de conversación, para el establecimiento de la llamada, asignación de un circuito de voz para el usuario, para actualización de ubicación o para servicios suplementarios. En general, el modo de transmisión es seleccionado por el MSC, dependiendo del servicio punto a punto. Cuando se ha establecido un enlace, el MSC no interviene hasta que conoce exactamente que tipo de servicio va a ofrecer. El tipo de canal es seleccionado temporalmente por la BSC, por lo general un SDCCH, sabiendo que posteriormente éste ha de ser cambiado por el MSC, para adaptarse a los requerimientos de la comunicación. El MSC puede solicitar un cambio en el modo de transmisión en el momento que desee. Esto se logra por medio de un proceso de "asignación", que consiste en enviar el mensaje BSSMAP ASSIGNMENT REQUEST, describiendo las características de transmisión elegidas por el MSC y el correspondiente mensaje BSSMAP ASSIGNMENT COMPLETE por parte de la BSS. Este proceso se muestra es la siguiente figura.

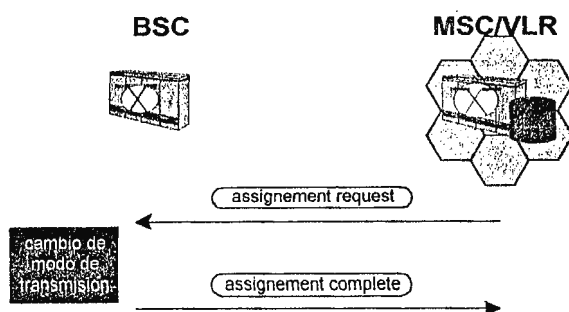


Figura. Proceso de asignación en el modo de transmisión

La respuesta por parte del BSC cuando recibe este mensaje depende del estado de transmisión en que se encuentre y del solicitado.

- Si ambos modos son iguales el BSC solo manda su respuesta al MSC.
- Si ambos modos difieren del tipo de información a transmitirse pero utilizan el mismo canal, la BSC realiza el proceso de “modificación de modo” antes de responderle al MSC.
- Si el nuevo modo requiere un canal diferente al utilizado, la BSC realiza un proceso de asignación subsiguiente, en el cual transfiere la conexión a un nuevo canal antes de responder al MSC.

Estos dos últimos casos serán estudiados a continuación.

6.3.1.1 Proceso de modificación de modo

Este proceso incluye 2 partes que son: la configuración de dispositivos, a solicitud del MSC, en la infraestructura de la red (BTS, TRC y BSC) y la configuración del MS.

La BSC inicia la reconfiguración de la BTS y del TRC al enviar el mensaje RSM MODIFY REQUEST. La BTS modifica sus algoritmos de codificación y decodificación. El TRC modifica el procesamiento de los datos (codificación de la voz y adaptación de la velocidad de los datos). Si el nuevo modo es “voz”, entonces se necesita de una sincronización entre la BTS y el TRC. Posteriormente la BTS responde con el mensaje RSM MODE MODIFY ACKNOWLEDGE al BSC.

Al mismo tiempo, la BSC inicia la reconfiguración del MS enviando el mensaje RIL3-RR CHANNEL MODE MODIFY conteniendo el nuevo modo, para el seteo del nuevo canal. El MS envía al MSC el mensaje RIL3-RR CHANNEL MODE MODIFY ACKNOWLEDGE hacia la BSC.

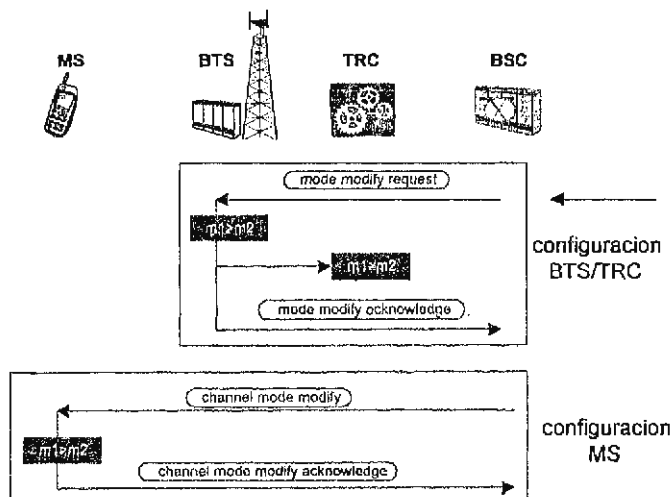


Figura. Proceso de modificación de modo

6.3.1.2 Proceso de asignación subsiguiente

El proceso de cambio de un canal de radio es un poco más complejo, ya que implica un “corte” en la señalización entre el MS y la red.

Una transferencia de canal comienza con el seteo del nuevo enlace en la red. Esto incluye la asignación de un nuevo canal de radio, la activación de la BTS correspondiente y del TRC.

La activación de la BTS es iniciada por la BSC, a través de un proceso de solicitud / respuesta como se muestra en la siguiente figura.

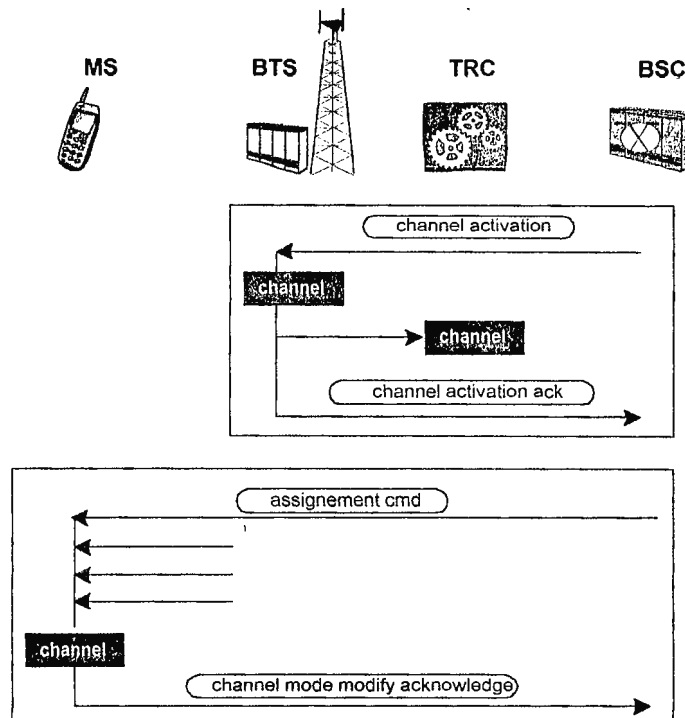


Figura. Proceso de activación de canal

El mensaje RSM CHANNEL ACTIVATION contiene toda la información relacionada con el modo de transmisión e incluye: el modo de transmisión, el modo de cifrado y la transmisión discontinua. La BTS y el TRC intercambian la información necesaria, para el seteo del nuevo modo y responde con el mensaje: RSM CHANNEL ACTIVATION ACKNOWLEDGE hacia la BSC, la cual le indica al MS de realizar la transferencia de canal por medio del mensaje RIL3-RR ASSIGNMENT COMMAND.

Una vez que el MS ha cambiado la configuración adaptándose al nuevo canal, comienza a transmitir y a recibir de acuerdo al modo especificado en el mensaje anterior. Una vez que el nuevo enlace ha sido establecido el MS envía el mensaje RIL3-RR ASSIGNMENT COMPLETE a la BSC.

6.3.2 Control del modo de cifrado

Durante el establecimiento de una comunicación el modo de cifrado, puede cambiar en la interfaz radio. Este modo es aplicado tanto a los datos de los usuarios como a la señalización. Así, de igual manera que el modo de transmisión, el modo de cifrado también representa en “corte” en la señalización.

El proceso de modo de cifrado está dirigido por la BTS. La BSC simplemente le indica un comando a la BTS y esta última se encarga de realizar todo el proceso. De hecho, la decisión de cambiar a modo cifrado se origina en el MSC y posteriormente se va extendiendo del MSC hacia la BSC, del BSC hacia la BTS y de la BTS hacia el MS. Esto se muestra en la siguiente figura.

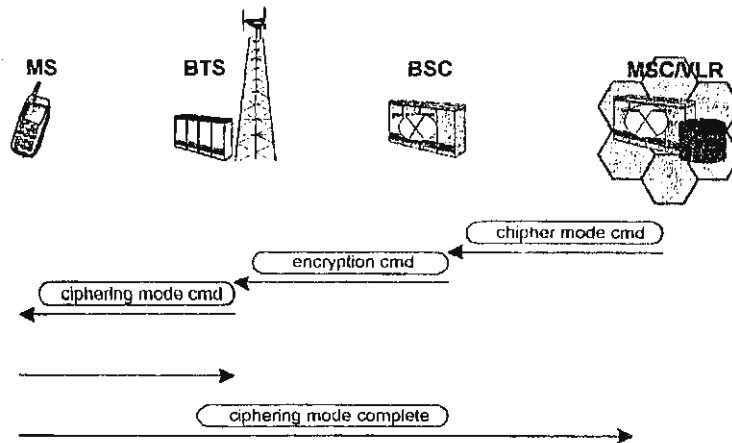


Figura. Proceso de modo de cifrado

El mensaje BSSMAP CIPHER MODE COMMAND indica el nuevo modo a utilizar, luego de extraer la información necesaria, la BSC encapsula este mensaje y lo manda como ENCRYPTION COMMAND a la BTS y a su vez es enviado como RIL3-RR CIPHERING MODE COMMAND hacia el MS.

La BTS configura su recepción con el nuevo modo y envía dicho mensaje hacia el MS en el viejo modo y responde a la BTS con el mensaje RIL3-RR CIPHERING MODE COMPLETE. Cuando la BTS recibe este mensaje, entonces sabe que el MS ya se ha configurado en el nuevo modo y configura en última instancia su transmisión. De manera similar, la BTS reenvía este mensaje a la BSC, la cual lo traslada al mensaje BSSMAP MODE COMPLETE para indicarle al MSC que su petición fue procesada.

6.4 Establecimiento de la llamada

Desde el punto de vista del usuario, el establecimiento de una comunicación, sigue una serie de pasos los cuales percibe a través de información de audio o de display. En un sistema básico de telefonía, esta secuencia de pasos consiste en primer lugar, en levantar el teléfono y desde este momento comienza un proceso de comunicación e intercambio de información con la red, la cuál

responde con un tono. Luego el número llamado es digitado. Una vez que el último dígito es marcado, viene la respuesta de la red que puede ser un tono de ocupado (indicando que la parte llamada ya está en una comunicación), un mensaje indicando porque no se puede acceder al usuario o un tono indicando que la parte llamada está siendo alertada.

En la telefonía celular se mantiene básicamente esta misma estructura, con la única diferencia de que el número es digitado antes del establecimiento de la comunicación con la red, (lo que permite corregirlo en caso de error antes de comunicarse con la red).

Para cualquier intercambio de señalización entre el usuario y la red, el MS actúa como un traductor de protocolos. Recibe ordenes por parte del usuario en forma de información digitada (vía teclado) y las traduce en mensajes de señalización para la red según el protocolo RIL3-CC. En el otro sentido, el MSC envía sus respuestas en forma de mensajes RIL3-CC y el MS los traduce en señales comprensibles para el usuario (señales de audio como los tonos, o señales visibles como los caracteres alfanuméricos).

6.4.1 Flujo de señalización para el inicio de una llamada

Tanto para GSM como para ISDN, el usuario que origina una llamada debe proporcionar cierta información, antes de comunicarse con la red. Básicamente esta información consiste en el número llamado, el tipo de servicio al cual se quiere acceder (voz, datos) etc. Por ejemplo, para una llamada normal, el usuario ingresa el número el cual desea llamar, se muestra en la pantalla, y luego oprime la tecla "SEND". Solamente cuando se oprime esta tecla, entonces el MS conmuta al proceso de comunicación con la red. Este proceso se ilustra en la siguiente figura.

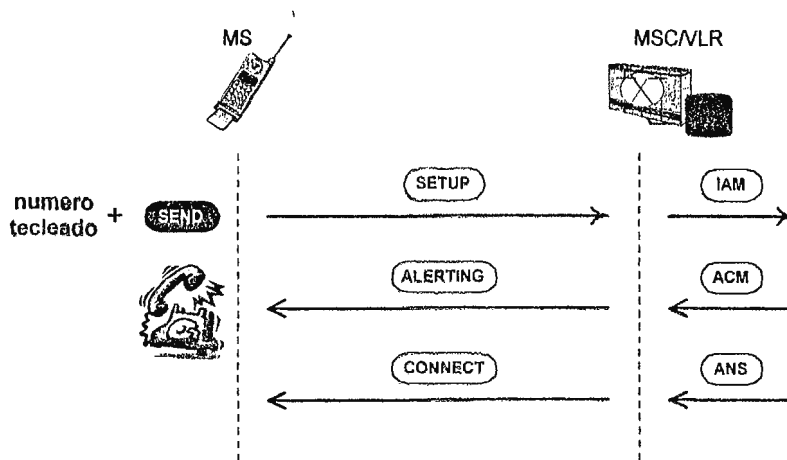


Figura. Establecimiento de la llamada originada por un MS

Un establecimiento de llamada lleva la siguiente secuencia de señalización, cada paso relacionado con los siguientes sucesos: la interfaz entre el usuario y el MS y los protocolos entre el MSC y las redes externas (aquí el ISUP para ISDN)

Este comienza con el proceso de acceso y el establecimiento de una llamada conexión entre el MS y el MSC, para el intercambio de la señalización. Una vez establecida esta conexión el MS envía al MSC el mensaje RIL3 -CC SETUP o el mensaje RIL3 -CC EMERGENCY SETUP para las

llamadas normales o las de emergencia respectivamente. Este mensaje contiene el número del abonado llamado así como otra información concerniente a servicios suplementarios.

Cuando el MSC recibe este mensaje, analiza la petición del usuario y realiza un proceso de verificación para saber si la puede aceptar. Este proceso dependerá de la capacidad del MSC/VLR de poder proporcionar dicho servicio, de la suscripción de la parte llamante (determinada localmente gracias a la información de los registros de cada usuario almacenada en el HLR) y de la disponibilidad de los recursos. Si alguna de estas consultas no se satisface, entonces el establecimiento de la llamada es abortado y el MSC envía el mensaje RIL3-RELEASE COMPLETE al MS. Sin embargo, si todas las consultas son aprobadas, el MSC por un lado inicia el establecimiento de la llamada enviando el mensaje ISUP INITIAL ADDRESS (IAM) en el caso de una red ISDN, y por el otro lado envía el mensaje RIL3 - CC CALL PROCEEDING al MS, indicándole que su petición a sido aceptada.

Tarde o temprano, el MSC recibirá de las redes externas (para nuestro caso una red ISDN), un reporte por parte del switch que controla a la parte llamada. Dicho reporte indica que el subscriber está ocupado, etc.) Para el caso de la red ISDN, un reporte de notificación de llamada tiene el formato del de un mensaje ISUP ADDRESS COMPLETE (ACM) y un reporte fallido se indica por medio del mensaje ISUP RELEASE. El MSC envía inmediatamente el mensaje RIL3-CC ALERTING, indicándole al MS que el abonado llamado ya está siendo notificado de la llamada, (tono de llamada) ó que la llamada ha sido abortada. Si precisamente, el MSC había enviado el mensaje RIL3-CC CALL PROCEEDING al móvil, el aborto de llamada se realiza por medio del mensaje RIL3 -CC DISCONNECT, el cual es respondido por el móvil con el mensaje RIL3 - CC RELEASE y por ultimo, es respondido por el MSC con el mensaje RIL3-CC RELEASE COMPLETE.

Algún tiempo puede pasarse antes de que se establezca la comunicación puerto a puerto. Todo dependerá de las condiciones en que se encuentre el abonado llamado. La aceptación de la llamada conduce al mensaje ISUP ANSWER, el cual es enviado al MSC. Cuando esto sucede, se sabe que ya esta establecido un circuito para la transmisión entre los 2 usuarios. Para ello el MSC le indica al móvil, el estado de dicha conexión por medio del mensaje RIL3 - CC CONNECT. El MS responde a la red con el mensaje RIL3 - CC CONNECT ACKNOWLEDGE y posteriormente conecta el circuito de transmisión en el enlace de radio con el terminal, esto se logra completando el circuito de voz hacia el micrófono o el parlante. En este punto, la llamada se dice esta en modo conectado, la situación inicia y se provee una transmisión bidireccional entre las 2 partes.

6.4.2 Flujo de señalización para la terminación de una llamada

Ahora consideraremos el caso del intercambio de señalización, cuando el subscriber llamado es un móvil. Para este caso se considerará que la llamada ya ha alcanzado al MSC y se estudiará desde aquí en adelante.

En la telefonía tradicional, este proceso es muy sencillo: el teléfono suena, el abonado levanta el terminal y se establece la comunicación (con las señalizaciones necesarias para cada paso). En la telefonía celular el proceso es básicamente el mismo, ofreciendo algún tipo de facilidades como la aparición en pantalla del número de la parte llamante dejando la operación al abonado llamado de contestar o no.

Desde el punto de vista de la señalización, una terminación de llamada alcanza al MSC/VLR visitado, a través de alguna de las interfaces con las redes externas. Si las redes externas son ISDN, entonces el protocolo ISDN es utilizado. Esto corresponde a la recepción del mensaje ISUP INITIAL ADDRESS (IAM). Del contenido de este mensaje y de los datos obtenidos del proceso de interrogación el MSC/VLR puede obtener toda la información que necesita para poder terminar la

llamada (IMSI, MSRN, tipo de servicios, etc.). El intercambio de señalización para una terminación de llamada se muestra en la siguiente gráfica.

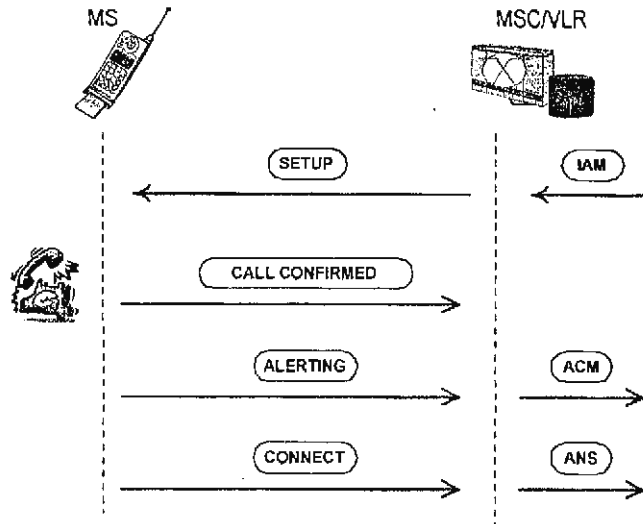


Figura. Establecimiento de la llamada terminada en un MS

Luego de la fase de negociación (SETUP, CALL CONFIRM), el MS envía de regreso el mensaje de ALERTING mientras suena el terminal.
El mensaje de CONNECT ocurre solo cuando el usuario llamado ha respondido.

Si el usuario llamado todavía no está en contacto con la red, entonces el primer paso para el establecimiento de la comunicación consiste en el proceso de paging del MS. Con esto se logra ubicar al móvil y solicitarle que establezca una comunicación con la red. Cuando todo este proceso es concluido, el MSC envía el mensaje RIL3 - CC SETUP hacia el MS, indicando información acerca del número de la parte llamante, el tipo de servicio, etc. El MS verifica si puede manejar el tipo de servicio solicitado y de ser así responde con el mensaje RIL3 - CC CALL CONFIRMED y alerta con un tono de llamada si no puede manejar el tipo de servicio entonces rechaza el establecimiento de la llamada y envía el mensaje RIL3 - CC RELEASE COMPLETE.

Una vez que el proceso de alerta ha comenzado, el MS envía el mensaje RIL3 - CC ALERTING al MSC. Cuando el MSC recibe este mensaje, el estado de alerta es reflejado del lado de la red externa que inicializó la llamada por medio del mensaje ISUP ADDRESS COMPLETE (ACM).

El último paso es la aceptación de la llamada por parte del usuario GSM, que como ya se describió anteriormente, se traduce al oprimir alguna tecla específica. Esta acción se traduce por el mensaje ISUP ANSWER (ANS) y se procede al establecimiento del circuito para la comunicación entre los 2 abonados.

6.4.3 Diagrama general del proceso de establecimiento de la llamada

En la siguiente figura se ilustra el diagrama general con la señalización necesaria para establecer una comunicación.

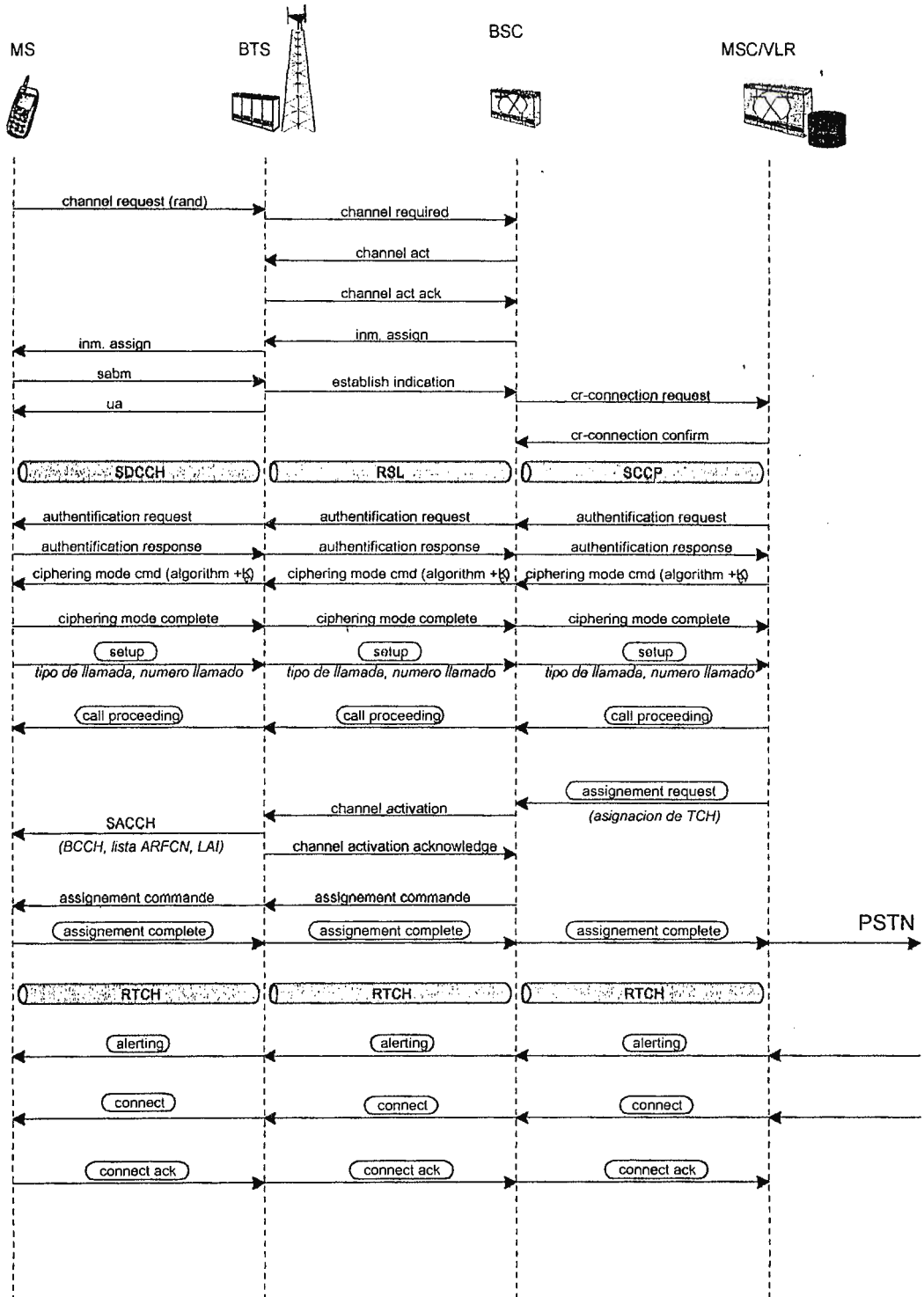


Figura. Establecimiento de una llamada

Cap 7

Control de la llamada: Mantenimiento

Introducción	116
7.1 Supervisión del Radio Enlace	117
7.1.1 Definición	117
7.1.2 Funciones	117
7.2 Power Control	119
7.2.1 Definición del PC	119
7.2.2 Fast Power Control	121
7.3 Handover	121
7.3.1 Definición	121
7.3.2 Tipos de handover	122
7.3.3 Consecuencias de los handover	126
7.4 Direct Retry	127
7.4.1 Definición	127
7.4.2 Forced Direct Retry	128
7.5 Frequency Hopping	128
7.5.1 Definición del FH	128
7.5.2 Clasificación del SFH	130
7.5.3 Ventajas del FH	133

Cap7 Mantenimiento de Llamada

Introducción

Luego de que el sistema ha sido capaz de establecer una llamada, este debe ser capaz de mantener esta llamada, hasta que los usuarios decidan terminarla, en otras palabras se debe evitar la caída de la llamada (Call Drop). Para lograr esto GSM, hace uso de tres diferentes mecanismos de mantenimiento de llamada, el Power Control (Control de Potencia), el Handover y el Direct Retry.

En el presente capítulo se describe en primer lugar, el procedimiento que sigue el sistema para determinar cuando es necesario aplicar algún mecanismo de mantenimiento de llamada. A este procedimiento se le denomina Supervisión del Radio Enlace. Posteriormente, se describen cada uno de los mecanismos de mantenimiento de llamada antes mencionados, así como su campo de acción.

Finalmente se describe el mecanismo de Frequency Hopping, que no es directamente un mecanismo de mantenimiento de llamada, pero que se utiliza para mejorar la calidad de la señal recibida por los usuarios, disminuyendo de esta forma la posibilidad de una caída de llamada o Call Drop

7.1 Supervisión del Radio Enlace

7.1.1 Definición

Para el proceso de mantenimiento de llamada, GSM hace uso de un sistema complejo denominado “*Supervisión del Radio Enlace*”, que involucra todo el proceso es que efectuado por la red, para determinar la condición del enlace de radio entre el móvil y la BTS en todo momento, el esquema es el siguiente:

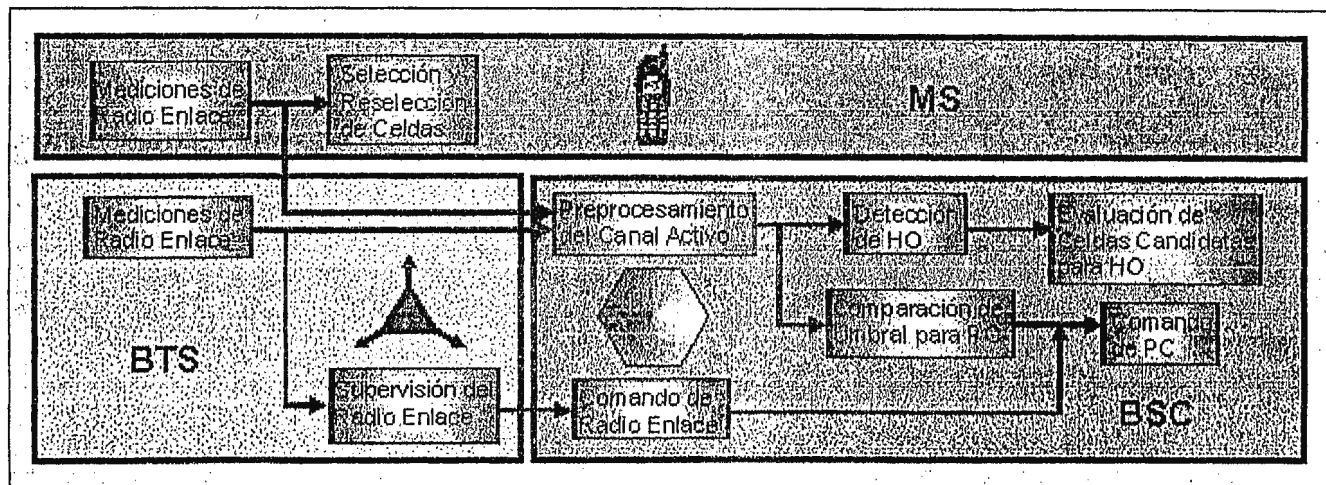


Figura. Esquema de la Supervisión del Radio Enlace

Como se observa en el esquema, la Supervisión del Radio Enlace es realizada en conjunto por el MS, BTS y BSC. Los dos primeros se encargan de enviar las mediciones de radio enlace a la BSC, la cual se encarga de preprocesar estas mediciones, para luego determinar que mecanismo de mantenimiento de llamada debe aplicar.

7.1.2 Funciones

Las funciones específicas de estos sistemas son:

- i. **MS:** Se encarga de medir el nivel de recepción (RxLev) y calidad (RxQual) de la señal del DCH (Dedicated Channel) recibido en la celda servidora. Además se encarga de medir el nivel de la señal del canal de control BCCH de las celdas vecinas. Luego de recibir estas mediciones las preprocesa y genera un reporte de medición, para luego enviarlo hacia la BTS, haciendo uso del canal de control SACH (Slow Associated Control Channel).

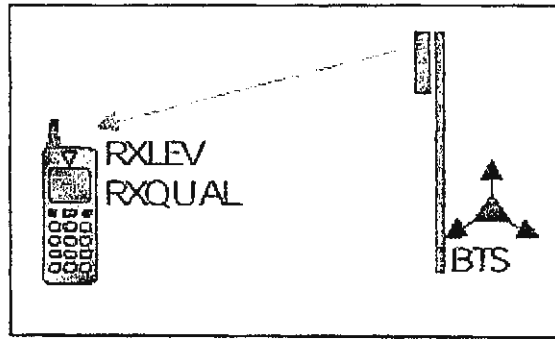


Figura. Mediciones realizadas por el MS

- ii. **BTS:** Se encarga de medir por cada MS, el nivel (RxLev), la calidad (RxQual) y el tiempo de llegada de la señal (TOA, Time of Arrival), que es utilizado para determinar el TA (Timing Advance). Luego, genera un reporte y lo envía a la BSC junto con el reporte de medición de los MS.

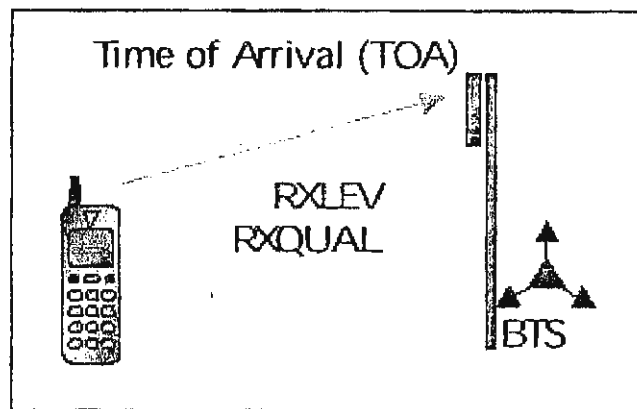
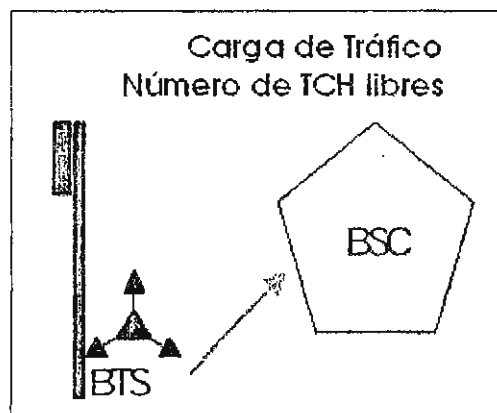


Figura. Mediciones realizadas por el MS

- iii. **BSC:** Partiendo de las mediciones recibidas de la BTS y los MS, la BSC mide la carga de tráfico (en porcentaje) y el número de TCH libres. Con todas estas mediciones realiza un pre-procesamiento, para luego determinar si es necesario realizar alguna acción, con el fin de preservar la llamada.



Si el sistema determina que la llamada corre riesgo de perderse, entonces ejecuta los siguientes mecanismos de mantenimiento de llamada:

1. POWER CONTROL (PC)
2. HANDOVER (HO)
3. DIRECT RETRY

Con el fin de preservar la llamada, el sistema recurre primero al mecanismo de Power Control, si no basta con éste, hace uso del mecanismo de Handover y como último recurso utiliza el Forced Direct Retry.

7.2 Power Control, PC

7.2.1 Descripción del proceso

GSM hace uso del Control de Potencia (Power Control, PC), como mecanismo para el mantenimiento de llamada, además le sirve para reducir la interferencia dentro de la red y para incrementar la duración de la carga de la batería de los móviles.

El Control de Potencia (PC) funciona de la siguiente manera, la BSC monitorea la potencia recibida del móvil por la BTS y viceversa, el móvil transmite esta información a través del canal de control SACCH (Slow Associated Control Chanel) aproximadamente cada 0.5 segundos. La BSC toma un número determinado de mediciones del móvil y la BTS, calcula su promedio y compara este valor con los umbrales predeterminados por el operador, de esta forma es capaz de decidir si es necesario incrementar o disminuir la potencia de transmisión, ya sea en el móvil o en la BTS.

El control del PC se puede habilitar o deshabilitar por cada celda. En el caso que se encuentre habilitado, este control es realizado por cada MS, haciendo a cada uno de ellos variar su potencia. En el caso de la BTS, esta debe ser capaz de variar su potencia por cada TS (Time Slot), para que PC pueda funcionar correctamente.

El número de muestras que la BSC toma para calcular el valor nivel promedio de potencia recibida, ya sea por el MS o la BTS, se definen en el sistema y reciben el nombre de Sliding Window (Ventana Deslizante), este valor puede ser modificado en el sistema (OMC-R), un valor típico es de cuatro mediciones (SACCH).

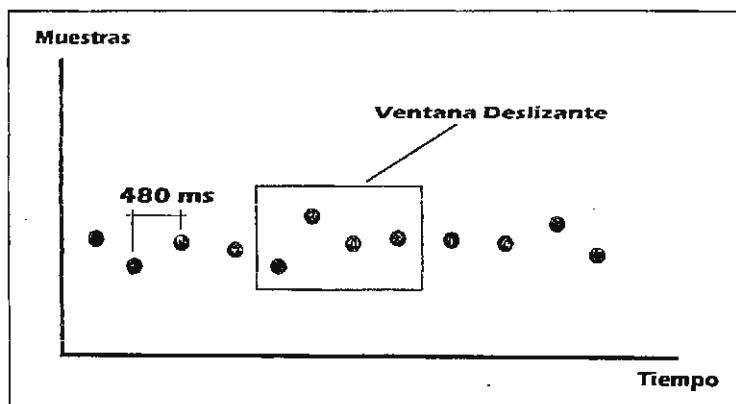


Figura. Ventana Deslizante

El incremento o decremento de potencia se realiza en pasos, por ejemplo, si un móvil está muy cerca del sitio (BTS), la potencia recibida tanto por el móvil como por la BTS es alta, la BSC realiza el primer cálculo y determina que el móvil y la BTS deben disminuir su potencia y estos lo realizan en un paso (Ej. 2 dB), después de efectuada esta disminución de potencia, en la siguiente medición la BSC puede determinar que el móvil puede disminuir aún más su potencia y este lo realiza en otro paso (Ej. 2 dB), tiempo después la BSC puede pedir al móvil que incremente su potencia en otro paso (Ej. 4 dB). Para una ventana deslizante de 4, estos ajustes de potencia se realizarían aproximadamente cada dos segundos ($4 \times 0.5 \text{ s} = 2 \text{ s}$).

El paso de incremento y decremento se configura en el sistema y su valor está dado en dB, como regla general se establece el valor del paso de incremento mayor (Ej. 4 dB), que el valor del paso de decremento (Ej. 2dB), debido a que es más importante incrementar la potencia, con el fin de preservar la llamada, por lo que un paso mayor de incremento, permitirá que el móvil o la BTS alcancen de manera mas rápida su potencia máxima de transmisión.

Un ejemplo de la aplicación del PC se ilustra en el siguiente gráfico:

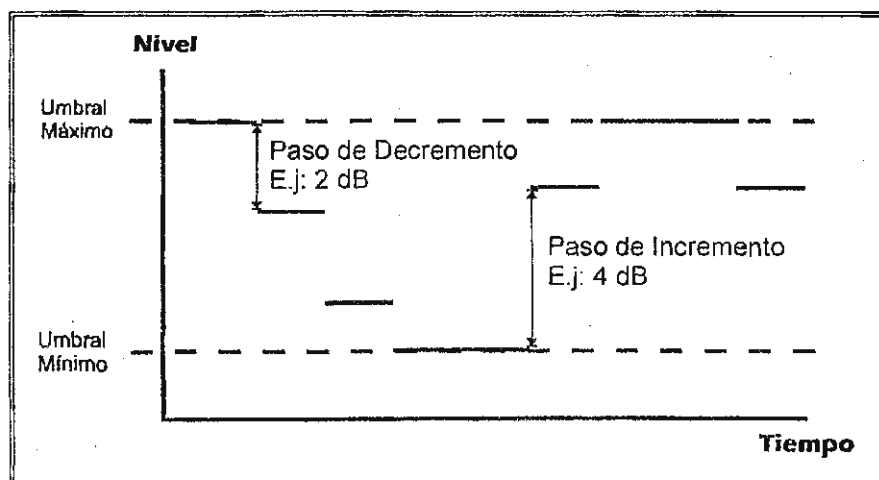


GRAFICO DEL PC

Como se observa en este gráfico, el sistema se encarga de que la potencia de transmisión se mantenga dentro de cierto margen, el cual está definido por el Umbral Máximo y el Umbral

Mínimo. Los ajustes se realizan en pasos, siendo el paso de decremento igual a 2 dB y el paso de incremento igual a 4 dB.

GSM define en su standard que el canal de control BCCH, se debe encontrar siempre en el aire, a la máxima potencia, por lo que no se utiliza Power Control en la frecuencia que contiene a este canal de control.

7.2.2 Fast Power Control

El *Fast Power Control* consiste en un control de potencia, encargado de incrementar en un solo paso la potencia del móvil a su máximo valor. Cuando la BSC detecta una disminución brusca en la potencia de la señal recibida por el móvil o la BTS, entonces la BSC le ordena al móvil o BTS incrementar su potencia al máximo en un solo paso, esto con el fin de preservar la llamada. Para la toma de esta decisión la BSC compara el valor promedio de potencia recibida contra ciertos umbrales establecidos en el sistema y de esta manera determina debe aplicar *Fast Power Control*, en lugar de aplicar simplemente *Power Control*.

Después de que el móvil y la BTS se encuentra transmitiendo a su máxima potencia, si la BSC determina que la potencia recibida por alguno de ellos esta por debajo del umbral establecido, entonces tiene que hacer uso del segundo mecanismo de mantenimiento de llamada, el *HANDOVER*.

7.3 Handover

7.3.1 Definición

El Handover es el proceso por medio del cual el manejo de una llamada es pasado de una celda a otra.

Existen diversas causas por las cuales ocurre un Handover, entre éstas tenemos:

- Disminución o deterioro en la calidad de la llamada debido a problemas de la celda.
- Movimiento del MS hacia un área donde la cobertura de otra celda es mejor que la de la celda actual.
- Velocidad del móvil, para redes que trabajan con entornos jerárquicos de celdas, lo móviles que se desplazan rápido son manejados por las celdas sombrilla.
- Banda preferida: si el MS es capaz de trabajar en mas de una banda, el sistema realiza un handover hacia la banda preferida.
- Distancia del móvil, si el móvil se encuentra muy lejos, la BTS no es capaz de sincronizarse con el móvil.
- Etc.

No importando cual sea la causa del Handover, estas se agrupan en dos categorías principales:

- a) **Handover por Mejor Celda (Better cell Handover):** se producen siempre que el sistema detecta que existe una celda que puede brindar mejor servicio (Nivel y/o Calidad) al móvil. En una red bien diseñada se espera que la mayoría de HO sean de este tipo.
- b) **Handover de Emergencia (Emergency Handover):** se producen siempre que el sistema detecta que la llamada actual corre el riesgo de perderse (Decremento en el nivel, calidad, etc), y que existe otra celda que puede brindar un mejor servicio. En una red bien diseñada, el porcentaje de HO de emergencia debería ser reducido.

Para determinar cuando se debe realizar un HO, la BSC hace uso de los valores medidos por el móvil. El MS se encarga de medir la potencia de todas las celdas que han sido declaradas como vecinas, pudiendo medir hasta un máximo de 64, pero solamente reporta a la BSC las 6 celdas con mayor potencia, esta información es almacenada en la BSC donde se crea una lista de celdas candidatas para HO. Se debe tener cuidado a la hora de declarar las celdas vecinas, ya que si se declaran innecesariamente muchas de estas, el proceso de medición realizado por el MS tomará mayor tiempo. Toda esta información es enviada por el SACCH aproximadamente cada 0.5 segundos (480 ms).

Al igual que ocurre con el Control de Potencia, la BSC calcula un valor promedio de las mediciones recibidas para cada celda, para esto hace uso también de un ventana deslizante. Por lo general se establece el valor de la ventana deslizante para HO mayor que la ventana para PC, ya que se prefiere realizar primero las acciones de PC antes que un HO, esto debido a que la señalización necesaria para realizar un HO es mayor, por lo que se corre mayor riesgo de perder la llamada.

No importando cual sea la causa que provocó el HO, siempre realiza el mismo proceso para ejecutarlo, sin embargo el sistema lleva un registro de cuantos HO han ocurrido por cada una de las causas (Nivel, Calidad, Tráfico, TA, etc), esto con el fin que las personas encargadas de la Optimización de la red puedan deducir la causa de problemas en la red. Un número reducido de HO es conveniente para el buen desempeño de la red.

7.3.2 Tipos de handover

En GSM existen cuatro diferentes tipos de Handover

7.3.2.1 Intracell

Se realiza cuando la BSC considera que la calidad de conexión es demasiado baja, pero no detecta en las mediciones recibidas acerca de la existencia de otra celda que presente mejores condiciones. Sin embargo la BSC se da cuenta que existe otro canal en la misma celda, capaz de ofrecer un mejor servicio, por lo que se ordena al MS a resintonizarse en este canal. En otras palabras podemos decir que es HO entre dos transmisores (TRX's) de una misma celda.

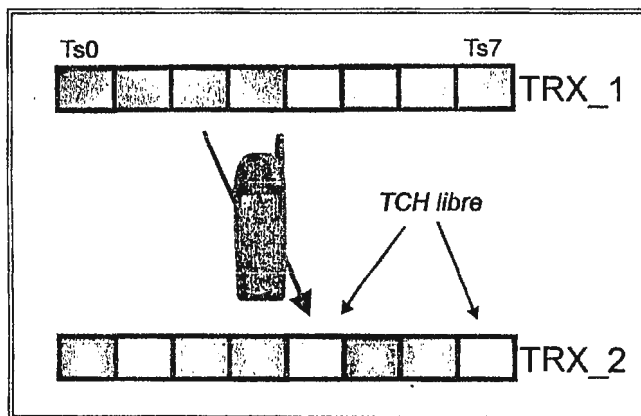


Figura. Intracell Handover

7.3.2.2 Intercell internal (Intra BSC)

Este tipo de HO se produce entre dos celdas controladas por la misma BSC, por lo que el MSC/VLR no se ve involucrado. De todas formas el MSC/VLR es avisado luego de que se ha efectuado un HO. Si en el proceso de HO se da un cambio de LA, un LU es realizado luego de que la llamada es liberada.

El proceso a seguir para realizar este tipo de HO es el siguiente:

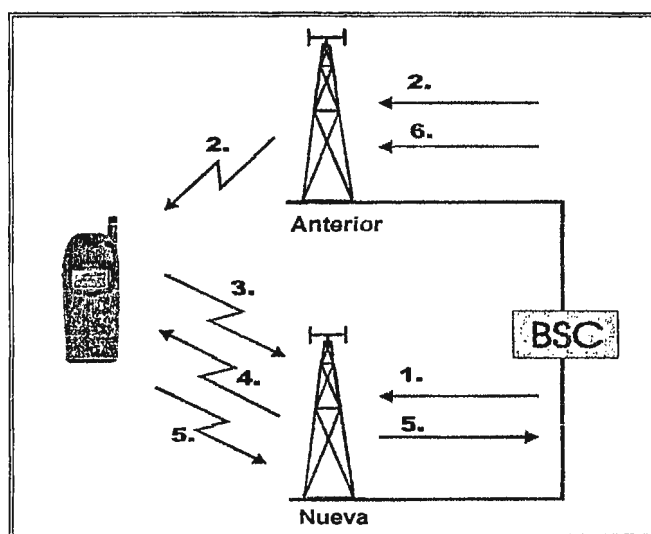


Figura. Intercell Handover

1. La BSC ordena a la nueva BTS a activar un TCH.
2. La BSC envía un mensaje al MS a través de la BTS, este mensaje contiene información acerca de la frecuencia y TS (Time Slot) al cual cambiar, así como la potencia de transmisión a utilizar. Esta información es enviada haciendo uso del canal de control FACCH (Fast Associated Control Channel).

3. El MS se sintoniza en la nueva frecuencia, y transmite una ráfaga de acceso de HO en el TS que le ha indicado previamente la BSC. Ya que el MS no posee todavía información acerca del TA, la ráfaga de acceso es muy corta (solamente 8 bits de información).
4. Cuando la nueva BTS detecta la ráfaga de HO, le envía al móvil la información acerca del TA. Esta información también es enviada haciendo uso del FACCH.
5. Una vez el MS recibe toda la información, envía a la BSC por medio de la BTS, un mensaje de "HO Complete" (HO completado).
6. La BSC recibe el mensaje y le indica a la BTS antigua (de procedencia del móvil) que libere el canal de tráfico.

7.3.2.3 Intercell external (Inter BSC)

Este tipo de HO se produce entre dos celdas pertenecientes a diferentes BSC, por lo que también el MSC/VLR se ve involucrado para poder establecer la comunicación entre las dos BSC.

El proceso a seguir para realizar este tipo de HO es el siguiente:

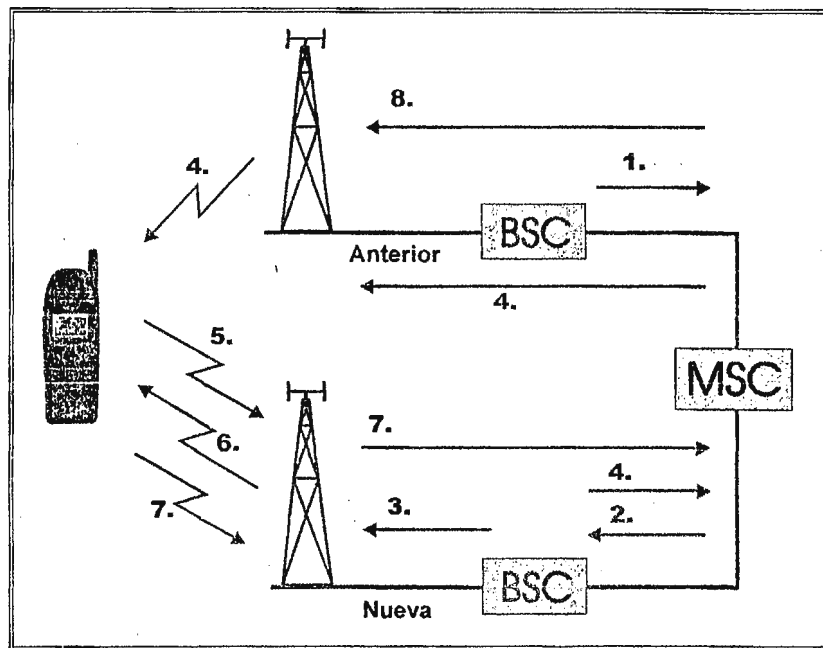


Figura. Handover Intercell, mismo MSC

7. Luego de detectar la necesidad de un HO para un MS específico, la BSC servidora (anterior) envía un mensaje de "Handover Required" (HO requerido) hacia el MSC, en este mensaje se indica la identidad de la celda destino.
8. El MSC conoce cual BSC es la encargada de controlar a dicha celda y envía un mensaje de "Handover Request" (Solicitud de HO) a dicha BSC.
9. La nueva BSC le ordena la BTS destino que active un TCH.
10. La nueva BSC establece comunicación (envía un mensaje) con el MS a través del MSC y la BSC/BTS anterior. En este mensaje le brinda la información necesaria para acceder la nueva celda.

11. El MS se sintoniza a la nueva frecuencia y transmite una ráfaga de acceso de HO en el TS indicado.
12. La nueva BTS envía al móvil información acerca del TA (Timing Advance).
13. El MS envía un mensaje de "Handover Complete" hacia el MSC a través de la nueva BSC.
14. EL MSC envía una orden a la BSC/BTS anterior indicándole que libere el TCH.

7.3.2.4 Inter MSC

Este tipo de HO se produce entre celdas pertenecientes a diferentes MSC dentro de una misma PLMN. Si las celdas son controladas por diferentes MSC, también son controladas por diferentes BSC. Sin embargo, no se puede realiza HO entre celdas pertenecientes a diferentes PLMN.

El proceso a seguir para realizar este tipo de HO es el siguiente:

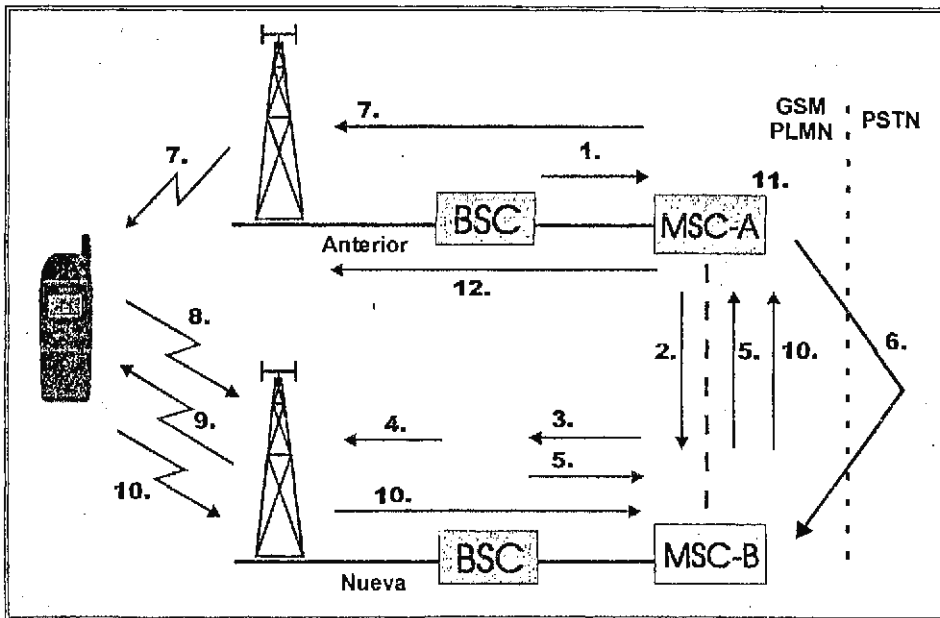


Figura. Handover, diferente MSC

15. Luego de detectar la necesidad de un HO para un MS específico, la BSC servidora (anterior) envía un mensaje de "Handover Required" al MSC servidor (MSC-A), en este mensaje se indica la identidad de la celda destino.
16. El MSC-A identifica que la celda destino pertenece a otro MSC (MSC-B) y solicita ayuda.
17. El MSC-B almacena un número de HO para poder re-enrutar la llamada. Luego de esto un mensaje de "Handover Request" es enviado al nuevo BSC.
18. El nuevo BSC ordena a la BTS destino para que active un TCH.
19. El MSC-B recibe la información y la pasa al MSC-A junto con el número de HO.
20. Se establece un enlace entre el MSC-A y el MSC-B. Par esto se suele hacer uso de la PSTN.
21. El MSC-A envía un comando de HO al MS a través del BSC anterior, indicándole la frecuencia y TS a utilizar para acceder la nueva celda.

22. El MS se sintoniza a la nueva frecuencia y transmite una ráfaga de acceso de HO en el TS indicado.
23. Cuando la nueva BTS detecta la ráfaga de HO, le envía al MS la información acerca del TA.
24. El MS envía un mensaje de "Handover Complete" hacia el MSC anterior (MSC-A) a través del nuevo BSC/MS.
25. Se establece una nueva ruta en grupo de switch del MSC-A.
26. Se desactiva el TCH anterior por medio del BSC/BTS anterior.

El MSC-A retiene el control principal de la llamada hasta que esta es liberada (se termina). Esto se da porque el MSC-A es quien contiene la información acerca del suscriptor y los detalles de la llamada como por ejemplo el *cargo* (costo por llamada).

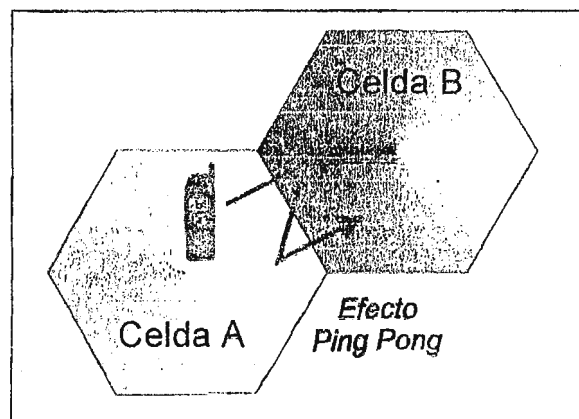
Luego de la liberación de la llamada, el MS debe realizar una actualización de ubicación debido a que una LA nunca pertenece a mas de un área de servicio de un MSC/VLR. El HLR es actualizado por el VLR-B, y luego le dice al VLR-A que borre la información acerca del suscriptor móvil en cuestión.

Mientras más señalización requiera un HO, mayor es la posibilidad de una caída de llamada (Call Drop), por lo que es preferible un HO Intracell a un HO Inter MSC. Esto debe tomarse en cuenta a la hora de diseñar una red y distribuir las BTS, BSC y MSC, de manera que aquellas celdas localizadas en áreas donde existe un gran movimiento de móviles que pueda generar HO, queden ubicados en la misma BSC por ejemplo.

7.3.3 Consecuencias de los handovers

7.3.3.1 Efecto Ping Pong

Un problema típico ocurre cuando un móvil se encuentra trasladándose desde la celda A hacia la celda B, cuando la señal de la celda A disminuye, el móvil realiza un HO hacia la celda B, luego momentáneamente la celda A tiene mejores condiciones que la celda B, por lo que nuevamente se realiza un HO hacia la celda, finalmente el nivel de la celda B se vuelve mayor por lo que se realiza otro HO hacia B. A esta situación se le llama efecto Ping Pong.



Con el fin de evitar este tipo de problemas y la vez incrementar la eficiencia de los HO, se puede modificar en el sistema una serie de parámetros relacionados con el HO, entre los mas utilizados están:

HO_Margin (Margen de HO): este valor indica cuantos dB debe ser mayor el nivel de la celda vecina para que el móvil realice un HO. Ej, Un móvil se encuentra en la celda A, recibiendo una señal con nivel de -87 dB, el $HO_Margin=3$. Para que el móvil realice un HO, el nivel de potencia recibida de la celda vecina debe ser por lo menos 3 dB mayor que la celda servidora. Si el nivel reportado de la celda vecina es de -85 dB, el sistema no realiza HO, si el nivel es de -84 db o mayor, se realiza un HO.

Ping Pong Margin (Margen de Ping Pong): Extra al HO_Margin , se establece el margen de Ping Pong, expresado tambien en dB. Cuando un móvil realiza un HO de la celda A, a la celda B y luego quiere retornar nuevamente a la celda A, no basta con que el nivel de A sea mayor que el nivel de B, sino que debe ser mayor al $nivel_de_A+HO_Margin+Ping_Pong_Margin$. Esta penalidad solo es efectiva cuando el móvil desea retornar a la celda de la cual acaba de realizar un HO. Con este valor nos aseguramos que si el móvil retorna a la celda de origen, es debido a que realmente existe mejor señal, y no solamente a factores de propagación, evitando así un número excesivo de HO.

Todos estos factores pueden ser modificados independientemente por cada celda en el OMC-R, con lo que se puede optimizar la red, adecuándola a las necesidades específicas del operador.

7.4 Direct Retry

7.4.1 Definición

En aquellas áreas donde existe un alto grado de tráfico celular (sobre todo en horas pico) suele suceder el siguiente problema: “Un móvil que se encuentra en la celda A, recibe la indicación de efectuar un Handover hacia la celda B, cuando este intenta efectuar el Handover se encuentra con que no hay canales de tráfico (TCH) disponibles en la celda B, por lo que no realiza el Handover”.

Para evitar esta situación GSM permite el uso del Direct Retry. Cuando el sistema determina la necesidad de un HO entre dos celdas A y B, pero no puede realizarlo debido a la congestión de los canales de tráfico TCH, entonces la llamada es redireccionada hacia la segunda celda en la lista de candidatos, siempre y cuando esta cumpla los requisitos mínimos (Nivel y Calidad) para el manejo de la llamada.

7.4.2 Forced Direct Retry

El Forced Direct Retry, parámetro que se puede habilitar en el sistema para el mantenimiento de una llamada. Al igual que el Direct Retry, es utilizado para asignar canales de tráfico en los casos en los que existe congestión de TCH. Solamente que en este caso la congestión se produce a la hora del establecimiento de llamada.

Como hemos visto en el proceso del establecimiento de llamada, luego de que el MS solicita acceso a la red, se le asigna un canal de control SDCCH, para luego por medio de este asignarle un canal de tráfico TCH. En este proceso puede ocurrir que luego de la asignación del SDCCH no exista ningún TCH libre en la celda, por lo que el sistema realiza cierto número de intentos para acceder a alguno (en espera que se libere algún TCH), si no lo consigue, envía un mensaje de "Red Ocupada" al móvil, siendo incapaz de completar la llamada.

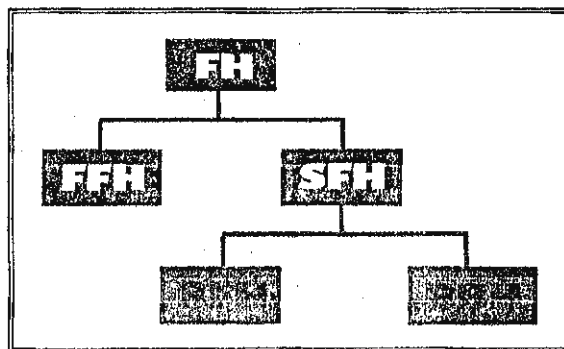
Si se activa el Forced Direct Retry, luego de que el sistema asigna un SDCCH al MS, si no encuentra ningún TCH libre en la celda servidora del móvil, entonces busca un TCH libre en aquella celda vecina que presente las mejores condiciones de radio. En otras palabras, el Forced direct Retry puede ser considerado como un HO de SDCCH.

7.5 Frequency Hopping (Salto de Frecuencia)

7.5.1 Definición del FH

El Frequency Hopping (FH) o salto de frecuencia es un mecanismo utilizado por GSM con el fin de optimizar la calidad de la señal percibida por el usuario.

La clasificación del FH se da como sigue:



Donde:

FH: Frequency Hopping (Salto de Frecuencia)
FFH: Fast Frequency Hopping (Salto Rápido de Frecuencia)

SFH: Slow Frequency Hopping	(Salto Lento de Frecuencia)
BBH: Base Band Hopping	(Salto en Banda Base)
RFH: Radio Frequency Hopping	(Salto de Frecuencia de Radio)

El mecanismo de FH consiste en transmitir la información entre el móvil y la BTS (Canales de tráfico y señalización) haciendo uso de varias portadoras, recibe su nombre debido a que el sistema tiene que saltar de una frecuencia a otra durante la transmisión.

FH puede ser aplicado a cada canal de tráfico y a cada canal de señalización, excepto en el canal de control BCCH (Broadcast Control Channel), esto debido a que el BCCH es utilizado para las mediciones de nivel de señal (Potencia) en las celdas vecinas, por lo que el Time Slot que contiene al BCCH (TS0) debe estar en el aire todo el tiempo, transmitiendo sin interrupción a máxima potencia, por lo que tampoco DTX y PC son permitidos el BCCH.

De acuerdo a la velocidad de cambio de frecuencia a la hora de realizar el FH, este se clasifica en:

- **FFH, Fast Frequency Hopping**
- **SFH, Slow Frequency Hopping**

FFH, Fast Frequency Hopping

Para utilizar FFH, el sistema debe ser capaz de cambiar su frecuencia de transmisión mas rápido que la tasa de modulación. Los sistemas que utilizan FFH realizan mas de 7000 saltos por segundo, para un sistema de telefonía celular esto resulta demasiado complejo, por lo que el FFH es utilizado solamente en aplicaciones militares.

SFH, Slow Frequency Hopping

Para que un sistema celular utilice SFH debe ser capaz de cambiar su frecuencia cada timeslot . Por lo que la frecuencia de salto sería de 216.6 Hz.

$$1 \text{ Trama TDMA} = 4.616 \text{ ms} \rightarrow 1/4.616 \text{ ms} = 216.6 \text{ Hz}$$

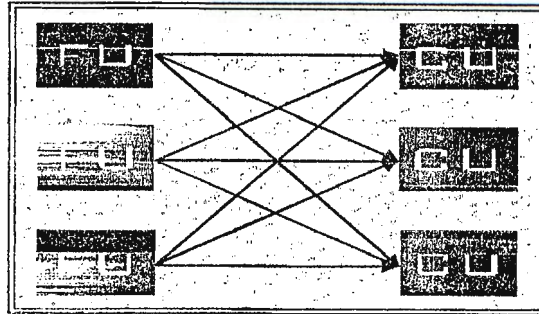
El estándar GSM define la utilización de FH de dos formas diferentes:

- Salto de Frecuencia en Banda Base (**Base Band Hopping, BBH**)
- Salto de Frecuencia de Radio o Sintetizado (**Radio Frequency Hopping, RFH**)

7.5.2 Clasificación del SHH

7.5.2.1 BBH, Base Band Hopping

Al implementar BBH se hace necesario tener un transmisor (TRX) por cada frecuencia que se desea utilizar.



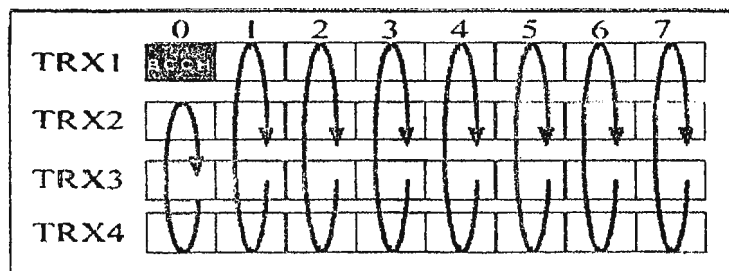
FU: Frame Unit, son los encargados de crear la estructura de la trama TDMA.

CU: Carrier Unit, son los encargados de modular la señal de banda base en la frecuencia portadora.

En esta configuración las comunicaciones de los usuarios se encuentran saltando sobre diferentes CU's.

En BBH la conexión entre los FU's y los CU's es la que cambia, no la frecuencia de la portadora. Es decir, cada CU se encuentra sintonizado a una frecuencia específica. Debido a esto es posible utilizar Combinadores Sintonizables Remotos (RTC) en la conexión entre el transmisor (TRX) y la antena, con lo que generan menos pérdidas que al hacer uso de Combinadores de Banda Ancha (WBC).

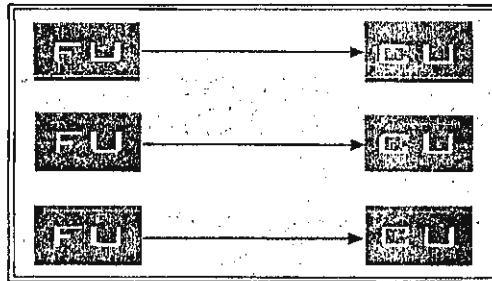
Una desventaja de BBH es que se no se pueden utilizar mayor número de frecuencias que transmisores disponibles. En la siguiente figura se observa un ejemplo en el cual se poseen cuatro transmisores, y se observa como cada TS se encuentra saltando a través de estos. Únicamente el TS0 no hace uso del TRX1, ya que en este TRX es donde se encuentra el BCCH, por lo que el TS= solamente puede saltar haciendo uso de tres frecuencias.



FH no es permitido en el TS0 de la frecuencia que contiene el BCCH.

7.5.2.2 RFH, Radio Frequency Hopping

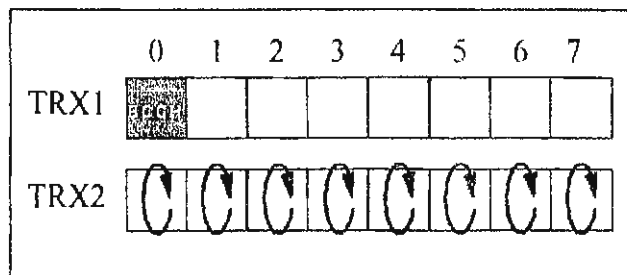
Cuando se utiliza RFH cada FU está conectado solamente a un CU, RFH es realizado al cambiar la frecuencia de la portadora en el CU, esto lo logra haciendo uso de un sintetizador, por esto RFH es también llamado salto de frecuencia sintetizado.



Cada CU se encarga de cambiar su frecuencia portadora por cada TS.

La ventaja de utilizar RFH es que podemos utilizar mas frecuencias que número de transmisores disponibles, estando limitado este número de frecuencias solamente por la versión del software que se utilice. La desventaja de RFH es que al estar cambiando la frecuencia de transmisión de cada CU no se puede hacer uso de RTC's, en lugar de estos se hace uso de WBC's en la conexión entre el transmisor y la antena, lo que genera mayor pérdida.

Al implementar RFH, toda la frecuencia que contiene el BCCH (8 TS) no puede realizar salto, por lo que el mínimo de transmisores necesarios para implementar RFH es de dos, siendo solamente uno de estos transmisores el que realiza salto de frecuencia en sus ocho TS. Esto se muestra en la siguiente figura.

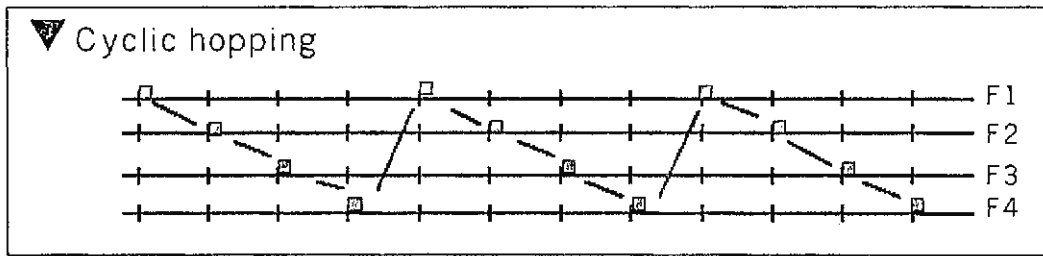


El TRX que contienen el BCCH no realiza FH

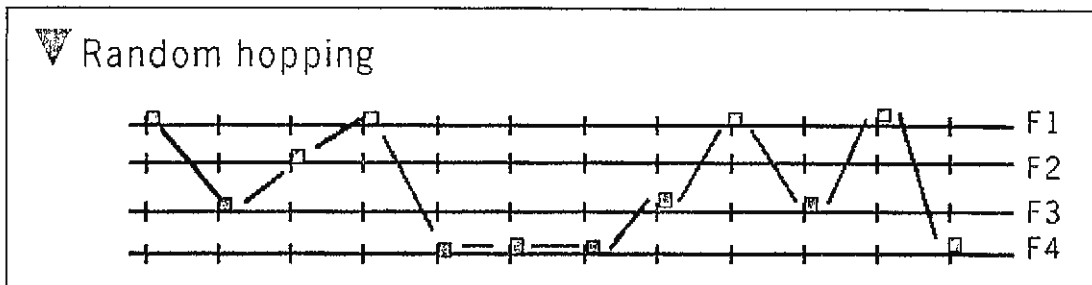
7.5.2.3 Modos de Salto

Existen dos modos al efectuar FH, ya sea BBH o RFH:

Salto Cíclico: (Cyclic Hopping) se da cuando las BTS utilizan un único esquema periódico (Cíclico) de salto.



Salto Aleatorio: (Random Hopping) se da cuando las BTS utilizan esquemas pseudo-aleatorios de salto, garantizando saltos no correlativos.



El esquema o secuencia a seguir, tanto por la BTS como por el móvil esta dado por el parámetro HSN (Hopping Sequence Number), que determina cual será el número de secuencia de salto a seguir. HSN puede tomar valores desde 0 a 63 y el modo de salto dependerá de este valor acorde con el esquema siguiente:

HSN = 0 para un salto cíclico

HSN = 63 para un salto aleatorio

Es recomendable utilizar una misma secuencia de salto para una misma celda.

Cuando dos móviles quieren acceder la red haciendo uso de un mismo TS en TRX's diferentes, el sistema debe garantizar que a la hora de transmitir no lo hagan en la misma frecuencia. Para esto GSM hace uso del MAIO (Mobile Allocation Index Offset).

A cada mismo TS de cada TRX se le asigna un MAIO diferente, este valor es el que utiliza el sistema para indicarle al móvil cual es la primera frecuencia que utilizará para transmitir su información, a partir de esta frecuencia se sigue la secuencia, ya sea cíclica o aleatoria.

MAIO	Frecuencia
0	f_1
1	f_2
2	f_3
...	...
n	f_n

El uso de MAIO se ilustra mejor con el siguiente ejemplo:

“Los móviles X y Y se encuentra en el área de cobertura de la celda Z, en esta celda se ha implementado FH utilizando tres frecuencias f_1 , f_2 , f_3 . El móvil X desea realizar una llamada, por lo que el sistema le asigna el TS2 del TRX1 con MAIO = 0, para la transmisión / recepción de la información. Momentos después el móvil Y desea realizar una llamada, y el sistema le asigna el TS2 del TRX3 con MAIO = 1. A pesar de que ambos están utilizando el mismo TS no existe ningún problema ya que poseen MAIO diferente, por lo que mientras el móvil X transmite en la frecuencia f_2 , el móvil Y lo estará haciendo en la frecuencia f_3 . Cuando el móvil X cambie a la frecuencia f_1 , el móvil Y cambiará a la frecuencia f_3 , etc”

Como se ve en el ejemplo, el offset generado por el MAIO evita que exista interferencia entre los distintos móviles que transmiten en una celda.

7.5.3 Ventajas al utilizar FH

Existen dos grandes ventajas al utilizar FH

- Diversidad de Frecuencia
- Diversidad de Interferencia

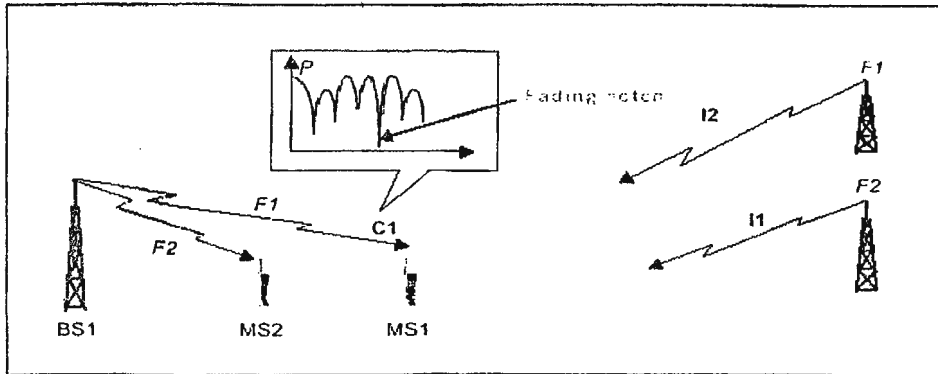
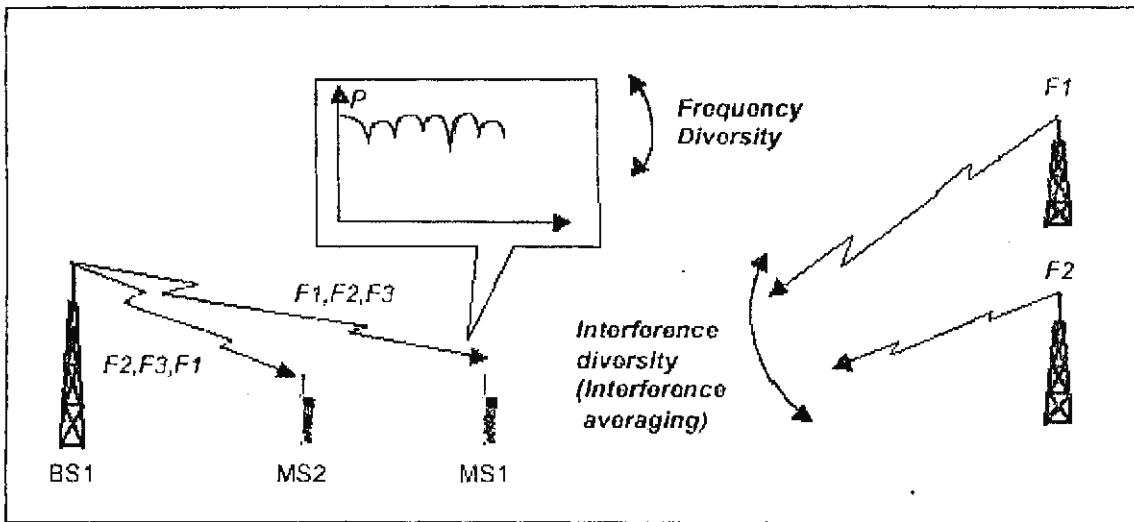


figura. Problemas con una red sin FH

7.5.3.1 Diversidad de Frecuencia

- Los móviles lentos son los que mas sufren por el desvanecimiento (fading), ya que el tiempo de este puede ser prolongado.
- El desvanecimiento se puede ver como una pequeña interrupción (ruptura) de la potencia recibida, esta interrupción se debe a condiciones ambientales.
- El salto sobre diferentes frecuencia no reduce el número de tramas destruidas por el desvanecimiento, pero reduce el tiempo en que cada trama se encuentra en un “fading notch”.

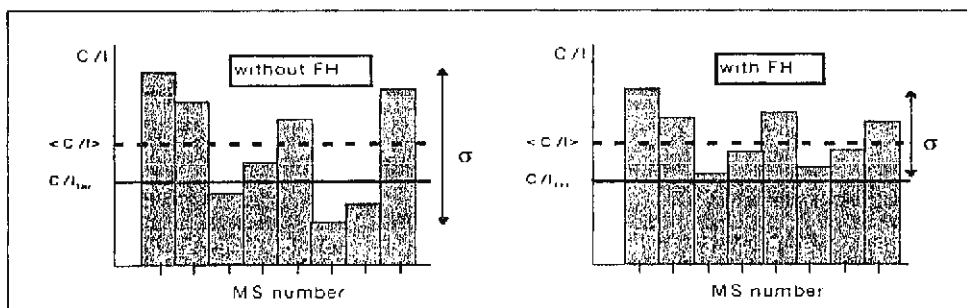
- Con FH la probabilidad de estar en un “fading notch” es mayor, pero el promedio de duración en este “notch” es menor que sin FH.



- Se mejora la eficiencia del algoritmo de corrección de errores al tomar ventaja del “interleaving”.
- Esta ventaja es aprovechada tanto en el modo de salto cíclico como en el modo de salto aleatorio.

7.5.3.2 Diversidad de Interferencia:

- Se promedia la interferencia en las portadoras, por lo que celdas que se encontraban altamente interferidas, obtienen mejoras significativas.



- El valor promedio de C/I en la red se mantiene igual, pero la desviación standard se reduce.
- El beneficio mayor se consigue al utilizar el modo de salto aleatorio.

Estudio Monográfico sobre GSM y su **Evolución hacia 3G**

ParteII: Servicios, GPRS y 3G

INTRODUCCION GENERAL

En la primera parte de este documento se presento la arquitectura general de una red GSM describiendo de manera general los elementos que componen dicha red, las interfaces que los conectan y los protocolos que intervienen en la comunicación entre los mismos para garantizar un flujo de información (datos y señalización) integro. Tambien se estudiaron aspectos importantes como lo son el procesamiento y codificación de la voz, la interfaz de radio y los principales canales lógicos que sirven para transportar la información necesaria entre los móviles y la red. Por ultimo se estudio el caso del establecimiento de una llamada y de cómo la red por medio de diferentes mecanismos de control ayuda al mantenimiento de la misma.

Una vez el principio de funcionamiento de la red ha sido entendido el lector podrá preguntarse que es lo que realmente ofrece la red y como se puede hacer uso de toda esta complejidad para satisfacer sus necesidades diarias.

En efecto, conforme avanzan las tecnologías de comunicación y mejores productos y servicios se van desarrollando, tambien lo hace el modo de vida de las personas y por lo tanto sus expectativas a dichas tecnologías. GSM no es la excepción a este cambio y tambien evoluciona. Desde que fue iniciado a principios de la década da los 90s GSM es una norma estándar que se ha ido desarrollando y a su vez ha ido mejorando la calidad y variedad de sus servicios.

En esta parte se estudiará la tendencia que sigue GSM al querer pasar de una tecnología de 2^a Generación a una tecnología de 3^a Generación. Sin embargo veremos que este cambio no se hace de una forma abrupta. Mas bien su evolución se va haciendo de manera suave pasando por lo que se conoce son sistemas de 2.5 Generación.

En un primer plano veremos las facilidades que ofrece GSM en cuanto a los servicios. No solamente estarán enfocados a los servicios tradicionales de voz sino que tambien se abarcara el temas de los mensajes cortos. Veremos como es que funcionan y los elementos de la red que intervienen. En un segundo plano, veremos como se mejora la transmisión de datos en una red GSM por medio de la incorporación del General Packet Radio Service (GPRS), un servicio considerado como de 2.5G, que no es más que la mejora de la red GSM para la comunicación con redes de datos (Internet). Por último, se hará una introducción a los sistemas de 3G donde se describirán las principales características de dichos sistemas y de la tendencia que podría tener GSM.

Introducción	138
8.1 Roaming	139
8.1.1 Identificadores de la red GSM	139
8.1.2 Enrutamiento	140
8.1.3 Función del GMSC	142
8.1.4 Información para el enrutamiento	143
8.1.5 Proceso de interrogación	145
8.2 Short Message Service (SMS)	146
8.2.1 SMS punto a punto	146
8.2.2 Cell Broadcast SMS	150
8.3 Servicios Suplementarios	151
8.3.1 Desvío de llamadas	151
8.3.2 Restricciones a las llamadas	155
8.3.3 Servicios de identificación de líneas	156
8.3.4 Llamada en espera	157
8.3.5 Servicio de comunicaciones multipartito	159
8.3.6 Servicio de aviso de recargo	160

Cap8 Servicios en GSM

Introducción

En los capítulos anteriores se ha venido describiendo la arquitectura global de una red GSM, los principales componentes de la red, sus funciones y la forma en como interactúan para lograr brindar al usuario particular los medios para que pueda establecer una comunicación. GSM como cualquier otro sistema de comunicación celular no solamente ofrece el servicio de transmisión de voz sino que viene sujeto a una serie de servicios adicionales. En efecto, con la evolución de las tecnologías inalámbricas y el estilo de vida que llevamos, hoy en día las exigencias de los usuarios son cada vez mayores y la transmisión de la voz, ya no es el único requerimiento que ha de poseer un sistema de comunicación, para nuestro caso un sistema de comunicación celular.

En el siguiente capítulo se estudiarán una serie de servicios agregados que GSM ofrece y que le dan al sistema una mayor flexibilidad. En una primera parte estudiaremos el caso del roaming, que es un servicio que permite a un usuario desplazarse otra PLMN y hacer uso de los recursos de esta red, para poder establecer una comunicación. Se explicará su funcionamiento y cuáles son los elementos de la red que intervienen. En una segunda parte veremos el sistema *Short Message Service* que es un servicio aparte del de voz, que permite al usuario el envío de caracteres alfanuméricos de un terminal móvil a otro. Por último veremos una serie de servicios suplementarios que complementan a los servicios básicos de GSM, se hará una descripción genérica de cada uno de ellos y se darán algunos ejemplos de su aplicación.

8.1 Roaming

8.1.1 Identificadores de la red GSM

Para poder comprender el proceso del establecimiento de una llamada, es necesario tener clara la manera de como la red identifica a los usuarios. Para ello la red hace uso de los siguientes identificadores que son utilizados en su mayoría en el proceso de establecimiento de una llamada.

Mobile Station ISDN Number (MSISDN). Identifica a suscriptor móvil en el esquema de numeración PSTN. Este es el número discado cuando se llama a un móvil. Ya que el MSISDN es el número que identifica al móvil, es el único valor que los usuarios necesitan conocer. Los otros números que a continuación se detallarán en las siguientes secciones solo son utilizados por la red, el usuario no esta consciente de los mismos. En la siguiente figura se ilustran los campos del MSISDN. El campo NDC es asignado para cada PLMN e identifica a un operador específico. El número internacional MSISDN puede ser de longitud variable. La máxima longitud es de 15 dígitos.

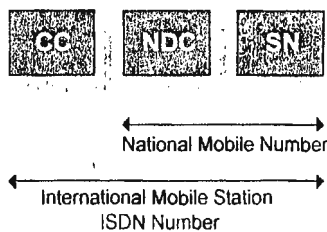


Figura. Estructura del MSISDN

(CC) Country Code o Código del País, (NDC) National Destination Code o Código Nacional de Destino y (SN) Subscriber Number o Número del Suscriptor.

Mobile Station Roaming Number (MSRN). Es un identificador temporal de la red que es asignado durante el establecimiento de una llamada hacia un usuario que visita una determinada PLMN. En la siguiente figura se ilustran los campos del IMSI.

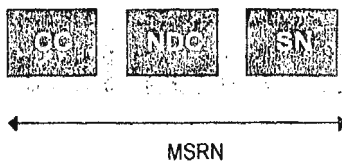


Figura. Estructura del MSRN

En este caso el SN es la dirección del MSC/VLR que el suscriptor se encuentra visitando.

International Mobile Subscriber Identity (IMSI). Es un identificador único asignado a cada suscriptor que facilita su correcta identificación sobre el enlace de radio y a través de la red. Se utiliza para toda la señalización en la PLMN. Toda la información relacionada con el suscriptor, se conecta con una IMSI. La IMSI se almacena en la SIM, en el HLR y en el VLR. Según las especificaciones en GSM, este campo tiene una longitud máxima de 15 dígitos. En la siguiente figura se ilustran los campos del IMSI.

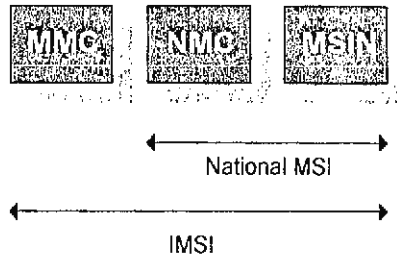


Figura. Estructura del IMSI

(MCC) Mobile Country Code es un campo de 3 dígitos que identifica el país.

(MNC) Mobile Network Code, es un campo de 2 dígitos que identifica a la PLMN local u operador.

(MSIN) Mobile Subscriber Identification Number es un campo identificador del abonado con un máximo de 10 dígitos y cuyos dos primeros indican el número físico del Home Location Register o HLR.

National Mobile Subscriber Identity (NMSI) es un campo de identificación nacional y esta compuesto por el MNC y el MSIN.

8.1.2 Enrutamiento

Para la terminación de llamada de un móvil, el número proporcionado por la “parte llamante” no hace referencia a alguna línea telefónica en particular o a alguna ubicación; más bien, apunta a algún registro en algún HLR. Los primeros dígitos de un número de directorio GSM, son suficientes para indicar que el número es precisamente un número GSM y posteriormente para designar al operador que lo administra.

La estructura del número de directorio GSM se conoce como MSISDN, ya que también forma parte del plan de numeración de número ISDN. El HLR que almacena los registros del suscriptor, puede ser localizado analizando los primeros dígitos de dicho número. En la siguiente figura se ilustra este plan de numeración.

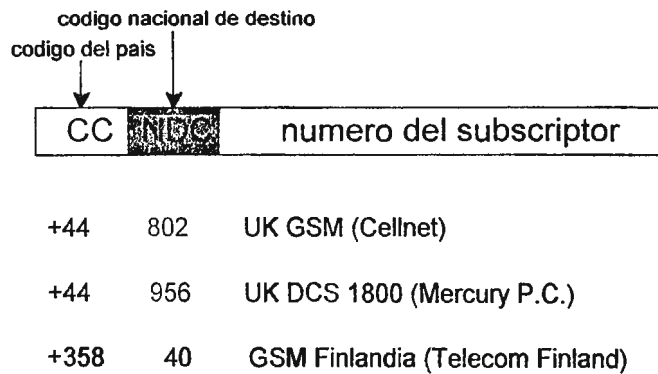


Figura. Estructura del MSISDN

Un número MSISDN es como un número ISDN, pero el campo NDC (National Destination Code) identifica un operador dentro de un país, no un código de área, mientras que los primeros dígitos, identifican el HLR del suscriptor dentro de la PLMN.

El HLR mantiene en sus registros la información necesaria, para encontrar el destino final de una llamada, por ejemplo el MSC donde se encuentra el usuario. Como consecuencia, el enrutamiento final de la llamada puede su hecho solamente luego de un *proceso de interrogación* del HLR. Esto puede separar el establecimiento de la llamada en 2 partes que son: antes del proceso de interrogación y luego de dicho proceso. Esto corresponde a la decisión del ruteo de la llamada en 2 partes que son: del punto de origen de la llamada hasta el punto de interrogación y el resto del enrutamiento respectivamente. Esto se representa en la siguiente figura.

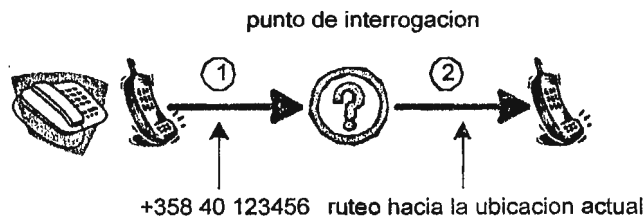


Figura. Proceso de interrogacion

La primera parte del enrutamiento es hecho solo con la información que se extrae del número llamado (el MSISDN), independientemente de la ubicación de la parte llamada. Este enrutamiento es hecho, como para cualquier número ISDN, con tablas ubicadas en los switches (MSCs) vinculados en el enlace de la comunicación, en los cuales se relacionan los número MSISDN con su correspondiente HLR.

Esta función se conoce como GMSC (gateway MSC) y se ilustra en la siguiente figura

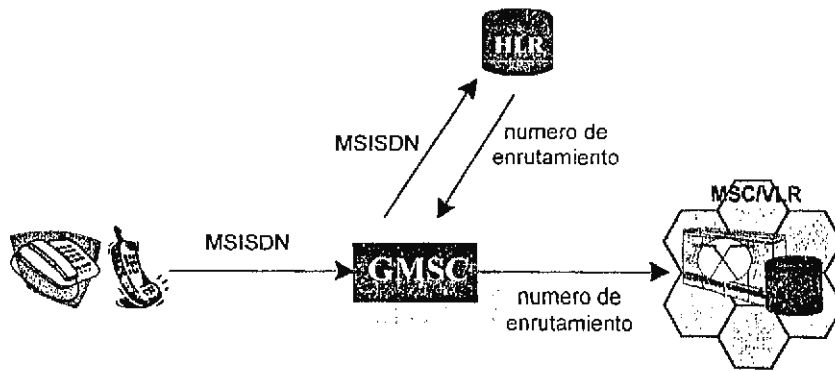


Figura. Función del GMSC

Una terminación de llamada es inicialmente ruteada a través de un GMSC, un switch con la capacidad de interrogar al HLR del suscriptor para saber donde enrutar la llamada.

La interrogación del HLR es un procedimiento de pregunta-respuesta visto por parte del GMSC. La respuesta contiene la identidad del suscriptor llamado (para propósitos de facturación) y la información para el enrutamiento de la llamada. Esta información es básicamente un número de enrutamiento que apunta ya sea al suscriptor llamado o a una tercera parte como será visto más adelante.

Esta simple descripción nos lleva a localizar 2 puntos de interés. El primero, cuáles son las funciones capaces de realizar el GMSC?; y segundo, cuál es la procedencia del número de enrutamiento? A continuación estudiaremos cada uno de estos puntos.

8.1.3 Función del GMSC

Las funciones del GSMC requieren solamente de capacidades de switcheo y un software especial para la comunicación con los otros elementos de la red (MSC y HLR). También debe de incluir una tabla que relacione los números MSISDNs con los HLRs.

Las funciones del GMSC son independientes de las funciones de acceso por radio provistas por una PLMN y pueden ser implementadas como parte de cualquier red, a través de la cual la llamada ha de ser ruteada, generalmente una PSTN o ISDN. Estas pueden ser implementadas en cualquier switch de la PSTN o ISDN, o pueden estar directamente conectadas a ellas. Desde un punto de vista práctico, entre más GMSCs mejor y entre más cerca se encuentre el punto de interrogación de la parte llamante, más eficiente será el enrutamiento.

El registro de facturación (ya mencionado anteriormente) establecido por el GMSC, cubre la segunda parte del segmento de la llamada (del GMSC hacia la parte llamada). Este registro debe ser transferido hacia el PLMN de la parte llamada, para cobrarle la parte no cubierta por la parte llamante. El problema con esta transferencia de registro de facturación, es la organización entre todos los HLRs de todos los PLMNs que un GMSC puede interrogar.

Otro problema es que el mecanismo de recargo para la segunda parte de la llamada, depende de la ubicación del GMSC.

Por ejemplo, si el GMSC no esta ubicado en la PLMN de la parte llamada, entonces una porción del recargo para la segunda parte de la llamada se le cobra al suscriptor llamante. Sin embargo, para estar evitando este tipo de problemas y los acuerdos de tarifas entre PLMNs, la norma GSM indica que el proceso de interrogación de los suscriptores de una dada PLMN, se realiza

solamente en switches de dicha PLMN. El GMSC se ubica en la PLMN del suscriptor que origina la llamada y los dos segmentos de la llamada pueden clasificarse como: “del suscriptor llamante a la PLMN” y “de la PLMN hacia la PLMN visitada”. Este proceso se ilustra en la siguiente figura.

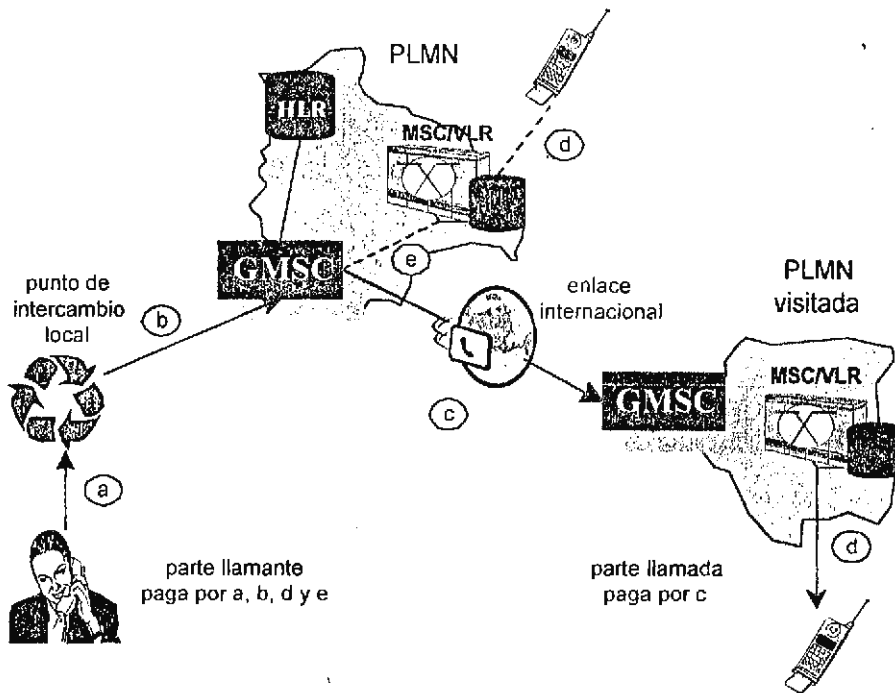


Figura. Proceso de Llamada

Los principios de recargos definidos por los operadores del GSM MoU se basan en lo siguiente:
 el que inicia la llamada es facturado como si el suscriptor llamado estuviera en su PLMN.
 El enlace internacional es pagado por el suscriptor llamado cuando esta en otra PLMN diferente de la suya.

En base a ello, se puede observar que si el suscriptor llamado se encuentra en la PLMN, la segunda parte de la llamada se reduce a un mínimo y no contribuye en ningún tipo de recargo para él. Sin embargo, si el suscriptor llamado se encuentra en otra PLMN, es recargado con parte de las tarifas convenientes al uso de redes externas internacionales, para el enrutamiento de la llamada entre la PLMN y la ubicación actual.

La transferencia de información del recargo de la llamada es un proceso sencillo. Básicamente, la misma red (la PLM del suscriptor llamado), genera la información del recargo concerniente a la segunda parte de la llamada (del GMSC hacia la PLMN visitada), recolecta los cargos correspondientes y recibe los montos de compensación para el uso de las redes externas.

8.1.4 Información para el enrutamiento

Para poder comprender de donde es que viene la información del enrutamiento de las llamadas, es necesario comprender como es que los suscriptores son identificados en la red GSM. Los

identificadores de la red GSM, ya fueron introducidos anteriormente por lo que en esta sección solamente serían retomados sin entrar mucho en detalle. En la sección anterior, vimos el MSISDN el cual representa el número de directorio usado para llamar al suscriptor GSM y que forma parte del plan de numeración E.164. También como parte de este plan esta el MSRN (Mobile Station Roaming Number), el cual es el número de enrutamiento (mencionado anteriormente), utilizado en la segunda parte de la llamada entre el GMSC y el MSC visitado. El MSRN es transparente para los usuarios de la red y es utilizado solamente para los componentes del sistema, no es asignado permanentemente a algún suscriptor y es integrado geográficamente al plan de las redes fijas.

Un tercer tipo de identificador es el IMSI, el cual es utilizado como la llave del suscriptor en las bases de datos de la red. Ambos, el MSISDN y el IMSI contienen una identificación del país y el operador en dicho país.

En la siguiente tabla se muestran algunos valores para la correspondencia entre el código del país (Country Code CC) del número telefónico y el código del país del móvil (Mobile Country Code MCC) del IMSI.



País	CC	MCC
Francia	33	208
Alemania	49	262
Italia	39	222
España	34	214
Suecia	46	240
Suiza	41	228
El Salvador	503	706

Tabla. Correspondencia entre CC y MCC

El problema radica ahora en como el GMSC obtiene el MSRN, para poder encontrar el MSC del suscriptor llamado. Ya se estudió anteriormente el método por el cuál el sistema determina la ubicación de cada suscriptor, por lo que no será objeto de estudio de este capítulo. El HLR almacena dentro de cada registro de los usuarios, información acerca de su ubicación, incluyendo una dirección del MSC/VLR visitado. También incluye un número MSRN, para propósitos de enrutamiento de la segunda parte de la llamada, si el MSC/VLR visitado ha provisto de tal número luego del proceso de LU. En dicho caso la respuesta al proceso de interrogación originado por el GMSC consiste en dicho número.

Sin embargo, cuando dicho número no puede ser provisto y solamente tiene la dirección del MSC/VLR visitado, entonces el HLR inicia un proceso de identificación (utilizando dicha dirección), con el objetivo de obtener dicho número de enrutamiento. Este proceso se ilustra en la siguiente figura

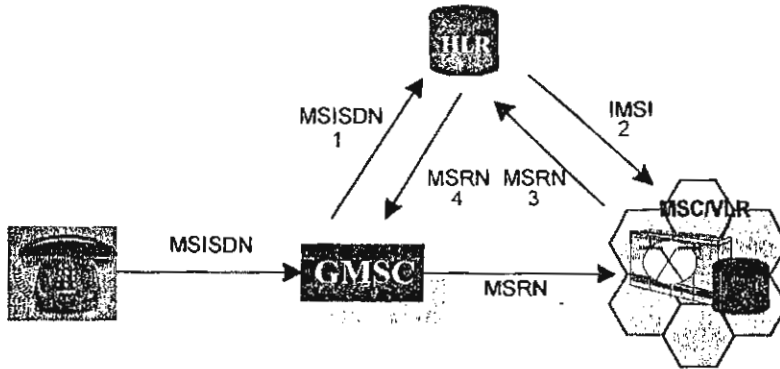


Figura. Información de enrutamiento

El HLR requiere del VLR visitado el número MSRN para ser utilizado al enrutar una llamada entrante hacia el correcto MSC

Cuando recibe el mensaje de petición de información del número de enrutamiento, el MSC/VLR visitado escoge un MSRN de una lista de número y lo enlaza temporalmente con el IMSI recibido. Cuando la llamada alcanza al MSC/VLR visitado, utilizando el MSRN como la dirección, el MSC/VLR retira el número IMSI de los registros y procede al establecimiento de la llamada hacia el móvil. El MSRN puede ser liberado luego de que la llamada ha sido establecida.

8.1.5 Proceso de Interrogación

Como se describió anteriormente una llamada hacia un móvil GSM, debe de pasar por un proceso de enrutamiento completo, que involucra la interrogación del HLR antes de alcanzar el MSC/VLR visitado. Veamos ahora los procedimientos involucrados cuando una llamada alcanza al GMSC, tomando como partida el caso de un usuario ISDN. En la siguiente figura se muestra este proceso.

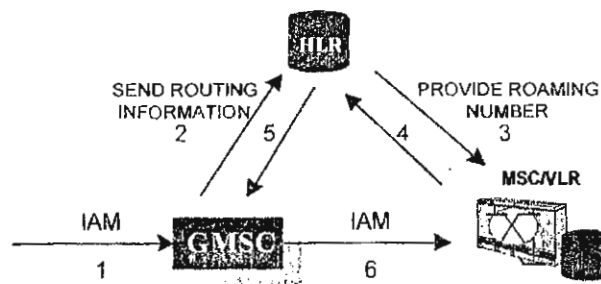


Figura. Interrogación del HLR por el GMSC

La interrogación se da luego de una petición del número de roaming (MSRN) del HLR al VLR. Esto provee al GMSC con el MSRN utilizado en los mensajes IAM y sirve

El mensaje de llegada IAM contiene por lo menos el MSISDN del abonado GSM y el tipo de servicio seguido, si la llamada proviene de un usuario de una red ISDN. El GMSC extrae del MSISDN un identificador SS7 del HLR correspondiente y envía el mensaje MAP/C SEND ROUTING INFORMATION conteniendo el MSISDN y el tipo de servicio.

Cuando recibe el mensaje, el HLR examina el registro almacenado del usuario y toma una decisión dependiendo de lo que encuentre en el registro. El HLR responde al GMSC directamente en cualquiera de los siguientes casos:

- La llamada no puede ser enrutada hacia su destino. Esto puede pasar cuando el usuario no ha pagado sus facturas y está suspendido temporalmente.
- La llamada no puede ser trasladada porque el usuario ha bloqueado todas las llamadas entrantes.
- El HLR ya tiene asignado un número de roaming (MSRN).
- El HLR sabe que la llamada ha de ser desviada.

Una respuesta negativa del HLR se traduce en el mensaje MAP/C SEND ROUTING INFORMATION mientras que una respuesta positiva (con el valor del MSRN por ejemplo) se envía junto al mensaje MAP/C SEND ROUTING INFORMATION RESULT.

En términos generales, el HLR conoce solamente parte de la identificación del MSC/VLR visitado (dirección SS7 ó título global). Para poder obtener el MSRN, el HLR le envía al MSC/VLR el mensaje MAP/D PROVIDE ROAMING NUMBER. Este mensaje contiene entre otra información el IMSI del subscriptor llamado. La respuesta del VMSC, de resultar positiva, contiene el MSRN incluido en el mensaje MAP/D PROVIDE ROAMING NUMBER RESULT de retorno al HLR. Al recibir este mensaje, el HLR lo traslada hacia el GMSC por medio del mensaje MAP/C SEND ROUTING INFORMATION RESULT, el cual puede proceder con el establecimiento de la llamada hacia su destino.

8.2 Short Message Service (SMS)

8.2.1 SMS punto a punto

8.2.1.1 Definición

El servicio de mensajes punto a punto (SMS), es un servicio que permite el envío de mensajes alfanuméricos (letras y número) a un móvil. El mensaje aparece en la pantalla del terminal que usualmente es un LCD. El servicio SMS punto a punto puede ser comparado con el proceso de paging, sin embargo, la diferencia radica en el hecho que los mensajes pueden ser enviados desde un terminal a otro sin intervención del operador. El servicio SMS, permite a cualquier usuario el envío de mensajes a cualquier terminal en cualquier momento. El servicio esta basado en un mecanismo de *"store-and-forward"*, el cual garantiza que cuando el móvil de destino no pueda

ser alcanzado (ya sea porque esta apagado o porque esta fuera de cobertura), el mensaje será eventualmente enviado cuando el terminal móvil acceda nuevamente a la red.

El servicio SMS utiliza un enlace dedicado (como en el establecimiento de una llamada), en un canal de radio dúplex. Esto tiene la ventaja que la red y el móvil están en una comunicación directa todo el tiempo que dura la transmisión del mensaje.

El término *short message* proviene del hecho que cada mensaje individual esta limitado a 160 caracteres.

8.2.1.2 Implementación en la red

Para tener una mejor idea de cómo es que funciona el servicio SMS, en la siguiente figura se ilustran los principales componentes que intervienen en el proceso de recibo y envío de mensajes.

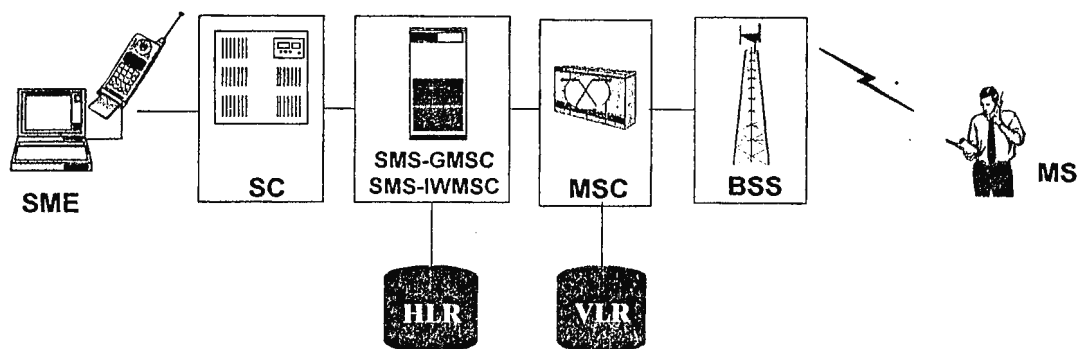


Figura Componentes del servicio SMS

A continuación se explican cada uno de estos componentes:

- Estación Móvil (MS)*. En este caso podemos observar en la transmisión de un mensaje entre dos MS. Los MS no necesariamente deberán estar en la misma PLMN; los mensajes SMS son transparentes a la ubicación de los usuarios.
- Short Message Entity (SME)*. Es el dispositivo que origina el mensaje.
- Service Center (SC)*. Maneja todas las funciones relacionadas con los servicios SMS. Este recibe un mensaje del SME y los reenvía a la dirección asignada. Si no logra determinar la dirección de destino guarda el mensaje hasta una cantidad de tiempo especificada por el operador. De ser necesario, el SC notifica al remitente acerca de la entrega o no del mensaje. El SC por definición esta integrado o conectado al MSC.
- Short Message Service-Getaway Mobile Services Switching Center (SMS-GMSC)*. Es una función dedicada dentro del MSC, la cual le permite recibir un mensaje del SC, investigar en el HLR los atributos del MS a quien se le va a enviar el mensaje y su ubicación. La función SMS-GMSC, es utilizada cuando un MS es quien recibirá un SMS.
- Short Message Service-Interworking Mobile Services Switching Center (SMS-IWMSC)*. Es otra función integrada en el MSC que permite al SC recibir SMS del MSC. La función SMS-IWMSC es utilizada cuando un MS es quien enviara un SMS.

Hay que aclarar que tanto el SMS-GMSC y el SMS-IWMSC, no son responsables del reenvío de los SMS, mas bien se encargan del intercambio de la información entre la red y el SC.

- f) *Mobile Services Switching Center (MSC)*. Se encarga del enrutamiento de todas las llamadas hacia y desde los MS dentro de una PLMN.
- g) *Home Location Register (HLR)* Almacena la identidad y los datos de todos los usuarios pertenecientes a una PLMN. Para el servicio de SMS, la información relevante que se encuentra en este registro es:
 - la ubicación actual del MS
 - Si el MS esta encendido y listo para recibir mensajes.
- h) *Visitor Location Register (VLR)*. Contiene la información acerca de la ubicación de los MS de una PLMN o de otra PLMN. En el caso del servicio SMS, la información relevante consiste en la actualización de las LA para el proceso de paging.

Hasta ahora hemos visto en que consiste el servicio del SMS y los principales elementos de la red que intervienen para el funcionamiento de dicho servicio. En los siguientes párrafos veremos realmente como se da el flujo de la información entre los diferentes componentes antes descritos, para la entrega o recibo de un SMS. Para ello, es necesario hacer la distinción entre dos tipos de mensajes: los mensajes originados por un móvil o SMS Mobile Originated (SMS MO) y los mensajes recibidos por un móvil o SMS Mobile Terminated (SMS MT).

8.2.1.3 SMS MT

En el caso de que un mensaje sea enviado hacia un MS los siguientes pasos deberán seguirse:

1. El SMS es generado en el SME. No importa si el SME es otro MS o cualquier otro elemento dentro de la PLMN.
2. El mensaje es enviado hacia es SMS-SC. Este se encargará del manejo de dicho mensaje, verificando si existen otros mensajes con la misma dirección, el nivel de prioridad del mensaje y chequea la hora en la cual fue recibido.
3. El SC notifica al SMS-GMSC que hay un mensaje esperando para un MS. Si el MS no pertenece a la PLMN entonces el MSC pasará dicha información a la PLMN del móvil en cuestión.
4. El SMS-GMSC interroga al HLR sobre el área de servicio del MSC en el cual se encuentra el móvil en ese momento. Si el MS no se encuentra disponible, esta apagado o esta fuera del área de cobertura, entonces el SC será notificado del estado del MS y el HLR guardará un registro en el que se indica de que la entrega no se pudo realizar. Este estado en dicho registro, será limpiado solamente cuando el SMS haya sido entregado correctamente al MS, o cuando el periodo de validación del mensaje haya expirado.
5. Con el conocimiento del MSC acerca del estado del móvil entonces el SMS-GMSC puede pasar el mensaje al MSC visitado.
6. El MSC visitado chequea en su VLR la exacta ubicación del MS.
7. La BTS en el LA realiza un paging para encontrar al móvil, establece un canal y entrega el mensaje al móvil.

8. El terminal notifica al usuario que ha recibido un mensaje (alarma o una señal visual en el LCD)

8.2.1.4 SMS MO

En el caso de que un mensaje sea enviado por un MS los siguientes pasos deberán seguirse:

1. El SMS esta generado en el MS (o transferido a el por un dispositivo externo).
2. El SMS es enviado desde el MS hacia el MSC.
3. El MSC pasa el SMS al SMS-IWMSC de SC indicado.
4. El SMS-IWMSC entrega el mensaje al SC el cual tiene la responsabilidad desde este punto de entregar el SMS al móvil correspondiente.

8.2.1.5 Tipos de SMS

Dentro de los servicios de SMS podemos hacer la clasificación de los mensajes según sea la importancia y la ubicación donde han de ser almacenados. La clasificación de los mensajes aplica solo cuando el destinatario sea un MS. Podemos diferenciar 3 clases:

- a) Clase 0: Estos tipos de mensajes se despliegan inmediatamente en la pantalla del MS y un aviso será enviado inmediatamente al SC.
- b) Clase 1: Los SMS de esta clase son guardados en la memoria del terminal. Si no hay espacio disponible entonces puede hacerse uso de la memoria de la tarjeta SIM para guardarlo.
- c) Clase 2: Los SMS de esta clase son enviados en los casos en que los terminales móviles estén conectados a un dispositivo externo al cual deba de reenviarle el mensaje. El MS debe siempre enviarle un aviso de recibido al SC independientemente que haya podido entregarle el mensaje al equipo.

8.2.1.6 Canales de Control

Los SMS pueden ser enviados o recibidos desde un MS independientemente del estado en que se encuentre. Como se ha discutido anteriormente el MS puede estar en dos estados: en modo desocupado cuando el MS esta monitoreando los canales comunes de control (BCCH, FCCH, SCH y PCH) y en estado activo cuando un canal de trafico (TCH/SACCH) ha sido asignado para una comunicación.

En el modo desocupado, los mensajes cortos son enviados en un canal dedicado de señalización (SDCCH) que resulta ser la forma más rápida de enviar los mensajes.

En el modo conectado, el canal de radio es utilizado para un canal de tráfico (TCH). En este caso, pero no el mas optimo, el mensaje utiliza el canal de control asociado (SACCH).

Si durante la transmisión de un SMS ocurre un cambio en el estado del móvil (del estado desocupado al estado ocupado) entonces el intercambio de señalización tiene una mayor prioridad y los recursos de los canales de control se utilizan para este proceso. Un cambio de estado significa que los canales de señalización son utilizados para el seteo de la llamada y serán eventualmente reemplazados por un canal de tráfico. En el caso contrario, pasar del estado conectado al estado desocupado implica la desconexión de los recursos de señalización. En ambos casos, la transmisión de los SMS falla y el SC es notificado para enviar los mensajes posteriormente.

8.2.2 Cell Broadcast SMS

8.2.2.1 Definición

El servicio Cell Broadcast (CB) es muy similar a los sistemas de radio en los automóviles. Sin embargo ciertas diferencias pueden encontrarse. Primero, los mensajes CB no son transmitidos en toda la red, mas bien el operador puede hacer subdivisiones llamadas Áreas de Celdas de Broadcast (*Cell Broadcast Areas*) en la cual un áreas puede incluir desde una a varias celdas. La naturaleza de los datos que pueden ser transmitidos en un SMS-CB de información general de tarifas, de ubicación, de anuncios comerciales etc.

Los mensajes de broadcast tienen un máximo de 93 caracteres por mensaje. Como se pudo observar en la sección anterior los SMS punto a punto tienen la ventaja de que los usuarios son notificados acerca de la entrega o no de los mensajes a sus respectivos destinatarios. Por lo que la entrega de los mensajes esta garantizada por la comunicación que existe entre los componentes de la red. En los SMS-CB tal garantía no existe ya que se trata de un servicio provisto a varios usuarios dentro de un áreas especifica. La red que en este caso es quien envía los mensajes nunca esta segura si los mensajes fueron entregados exitosamente a los destinatarios. Es por eso que este tipo de servicio debe de verse como un valor agregado de la red.

8.2.2.2 Implementación en la red

El SMS-CB es transmitido a cualquier estación móvil que sea capaz de leer el Cell Broadcast Channel(CBCH). La presencia o no de este canal para una celda individual viene indicada en la información transmitida en el BCCH. El SMS-CB utiliza el canal de señalización dedicado SDCCH en el cual los mensajes son enviados secuencialmente. Con la información del BCCH el MS sabe en que frecuencia y canal los mensajes de broadcast serán enviados.

En la siguiente figura se ilustra el proceso de envío de mensajes de broadcast.

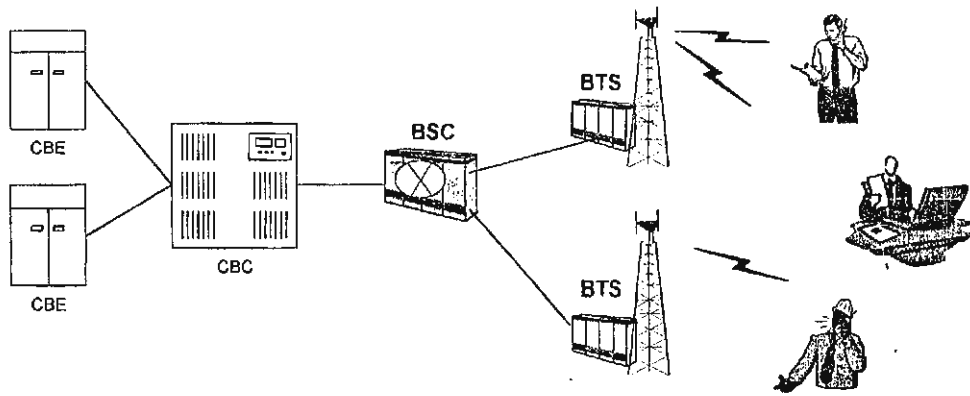


Figura. SMS-CB

El SMS-CB es generado en un elemento llamado **Cell Broadcast Entity (CBE)** el cual no forma parte del estándar GSM y es una tecnología propietaria. El Cell Broadcast Center (CBC) maneja todas las funciones relacionadas con los mensajes de broadcast. El CBC puede estar conectado a uno o más CBEs y a su vez puede estar conectado a una o varias BSCs. El CBC coordina la organización de los mensajes recibidos del CBE en un formato GSM de la siguiente manera:

1. Asigna un número a cada mensaje lo que le permite a los móviles identificar si es un nuevo mensaje o un mensaje repetido.
2. Modifica o borra los mensajes que ya están guardados en la BSC (para los mensajes que tienen validez por un cierto periodo de tiempo).
3. Inicia una comunicación con la BSC para determinar el área a la cual el mensaje será enviado.
4. Determina cuando un mensaje no tiene necesidad de ser transmitido.

Dentro de las funciones que tiene la BSC están:

1. Recibir los mensajes de la CBC.
2. Almacenar los mensajes el tiempo que sea necesario hasta su transmisión.
3. Enruta los mensajes a las BTSs apropiadas.
4. Calendariza los mensajes según la tasa de repetición especificada por el CBC.

8.3 Servicios Suplementarios

8.3.1 Desvío de Llamadas

8.3.1.1 Concepto general

El desvío de llamadas es un servicio que siempre ha estado disponible a los usuarios en una red GSM. El propósito de dicho servicio es el de permitir al usuario desviar sus llamadas entrantes a

otras líneas telefónicas cuando este no se encuentre disponible por cualquier razón (cuando esta en una comunicación o cuando este fuera del áreas de cobertura). Para el desvío de una llamada no es necesario que el móvil se encuentre apagado. Bastará con que se cumplan ciertas condiciones específicas a cada usuario, las cuales se detallan a continuación.

Dentro de las categorías de desvío de las llamadas podemos distinguir los siguientes:

- Desvío de llamadas incondicional (*call forwarding unconditional o CFU*): Las llamadas son desviadas sin importar el estado del móvil (se encuentre este encendido o apagado)
- Desvío de llamadas debido al móvil ocupado (*call forwarding on mobile busy subscriber o CFB*): Este servicio solo permite el desvío de llamadas cuando el móvil esta ocupado (en comunicación con otro móvil).
- Desvío de llamadas en espera (*call forwarding on no reply o CFNRy*): Este servicio permite el desvío de llamadas cuando estas no son atendidas en un cierto intervalo de tiempo.
- Desvío de llamadas por móvil no alcanzado (*call forwarding on not reachable o CFNRc*): Este servicio permite el desvío de llamadas para aquellos móviles que se encuentran fuera del área de cobertura de la red.

8.3.1.2 Procedimientos para el desvío de llamadas

Para que un servicio pueda estar a disposición de los usuarios los siguientes pasos deben seguirse:

- Registro: Incluye el tipo de desvío de llamada, el número hacia el cual la llamada ha de ser desviada y para cuales servicios específicos el desvío de llamadas se aplicará. Toda esta información se guarda en el HLR. El servicio de desvío de llamadas se puede aplicar a todos los servicios básicos a excepción de las llamadas de emergencia.
- Número de desvío: Este es el número al cual ha de ser desviada la llamada en caso de que se cumplen algunas de las condiciones mencionadas anteriormente. El esquema de numeración debe de cumplir con las características del plan de numeración de la PLMN o PSTN (para el caso de la telefonía fija). Para el caso de las llamadas internacionales, entonces los campos Country Code (CC) y Network Destination Code (NDC) han de ser agregados, al igual que el carácter “+” así: para una llamada desviada a Francia se coloca el número +3360712345.
- Activación: Es un proceso que permite la puesta en marcha del servicio una vez que este ha sido registrado. La diferencia entre registro y activación es que en el primero se necesita toda la información referente al servicio mientras que en la segunda basta con que este activado.
- Desactivación: Permite desactivar el servicio pero no borra la información del HLR de modo que este pueda ser activado nuevamente.
- Borrado: Elimina toda la información del servicio del HLR.

Toda la información y parámetros involucrados en el procedimiento del desvío de las llamadas está relacionada con el HLR. EL HLR almacena el estado del servicio del desvío de la llamada junto con el número de desvío. Luego de un proceso de desvío el HLR actualizará el VLR acerca

del estado de la nueva llamada desviada. En caso de no efectuarse el desvío el VLR no es actualizado.

8.3.1.3 Desvío de llamadas incondicional CFU

En la siguiente figura se ilustra el proceso del desvío de llamadas incondicionalmente CFU.

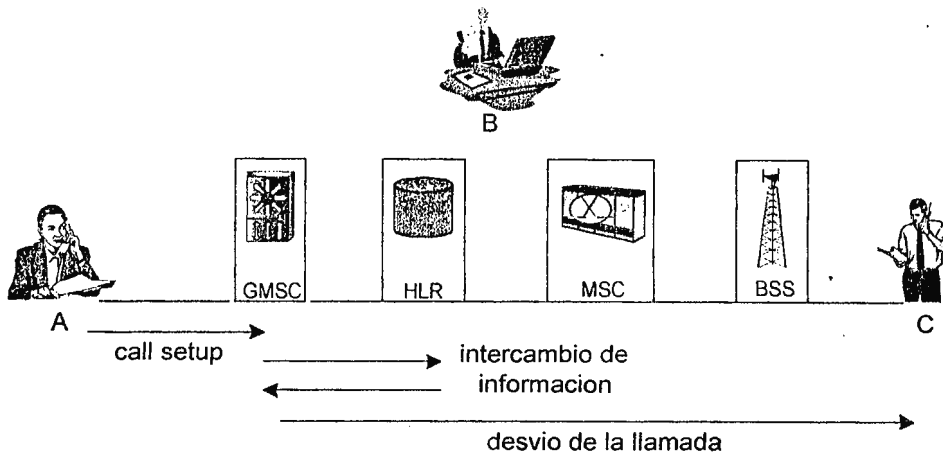


Figura. Enrutamiento de una llamada con CFU

Para el caso de una llamada proveniente de una PSTN o ISDN el GMSC verifica primero el HLR para consultar los parámetros del MS llamado antes de conectar las llamadas entrantes ya que éste posee la última información acerca de la ubicación de los MSs y el estado del desvío de llamadas. Si el CFU está implementado entonces el MSC envía la llamada al número asignado en el VLR para este servicio. Para el ejemplo, el usuario A de una línea fija trata de localizar al usuario B quien se encuentra ocupado y por lo tanto a desviado sus llamadas al usuario C. La llamada entrante hacia A pasa por el GMSC el cual interroga al HLR sobre el estado de B. Al saber sobre el servicio solicitado por B y sobre el nuevo número asignado para la terminación de la llamada, el MSC se encarga de enrutar la llamada hacia C, que en este caso es un usuario de la PLMN.

8.3.1.4 Desvío de llamadas condicional

Este caso es un poco más complejo ya que requiere del establecimiento de ciertas condiciones y la intervención de los diferentes sistemas del NSS: GMSC, MSC, HLR y VLR. A continuación estudiaremos 3 diferentes casos para un posible reenvío de la llamada.

En la siguiente figura se ilustran estos casos

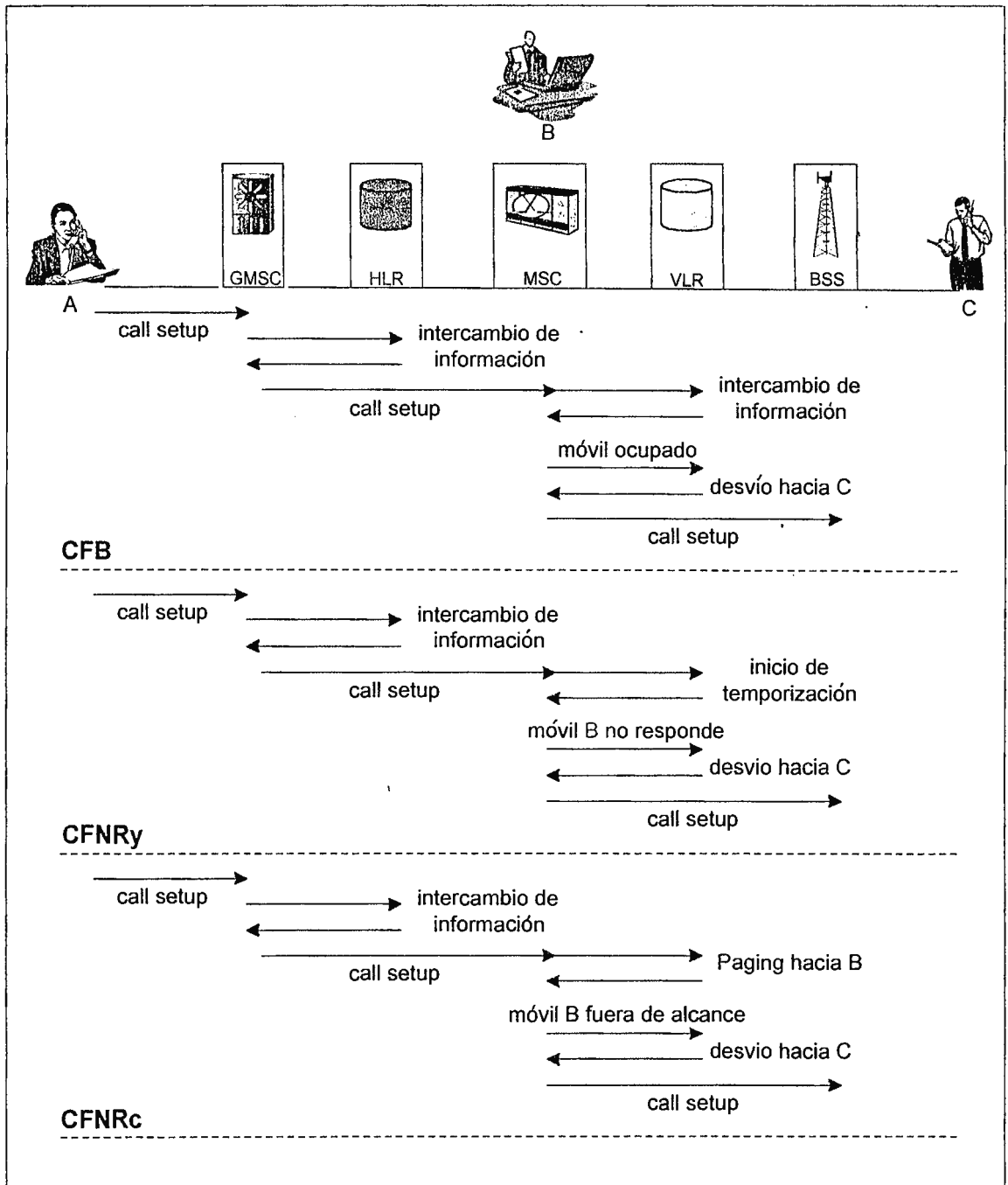


Figura. Ejemplo de desvío de llamadas condicionales

a) CFB

En este caso, la red consulta el estado de B para ver si está ocupado. Si se da esta condición la llamada es enviada hacia C. GSM distingue 2 tipos de estado ocupado: un estado ocupado de la red (*network-determined user busy* o NDUB) para el cual el usuario está efectivamente ocupado y un estado ocupado del usuario (*user-determined user busy* o UDUB) para el cual el usuario recibe la llamada y decide no contestar (presionando la tecla de cancelación de la llamada).

b) CFNRy

En este caso la red hace un paging e inicia el proceso de seteo de la llamada. El teléfono suena y en ese momento la red inicia un contador que si después de transcurrido cierto tiempo el MSC libera los recursos asignados al enlace con B y reenvía la llamada hacia C.

c) CFNRc

En este caso, la red también hace un paging al móvil B el cual no responde por estar en un área donde no hay cobertura. La llamada sigue el mismo proceso y es enrutada hacia C.

8.3.1.5 ¿ Quién paga que?

Cuando las llamadas son reenviadas no solo el que inicia la llamada es facturado sino que también el abonado que tiene activo el servicio y que reenvía la llamada. La regla general es que la parte que llama paga la porción del enlace hacia el número marcado y la parte que desvía la llamada igualmente paga la porción correspondiente hacia el destino final.

Cuando se utiliza un desvío incondicional la llamada entrante pasa por el HLR de la PLMN. La porción del enlace hacia el número de desvío (sea este un terminal móvil de la PLMN, un terminal fuera de la PLMN o un buzón para el correo de voz) se factura como si fuera una llamada normal al usuario que ha solicitado el servicio.

8.3.2 Restricciones en las llamadas

Este tipo de servicios permite a los usuarios hacer restricciones en sus llamadas y las clasifica según sean estas entrantes o salientes.

8.3.2.1 Restricciones de llamadas entrantes o salientes

Una vez que el operador ha hecho un registro para este servicio el usuario puede simplemente activar o desactivar el servicio. Diferentes condiciones pueden darse:

- Restricción en todas las llamadas salientes (*Barring of all outgoing calls* o *BOAC*). Todas las llamadas iniciadas desde un móvil en particular serán prohibidas.
- Restricción en las llamadas internacionales (*Barring of outgoing international calls* o *BAOIC*). Todas las llamadas internacionales serán prohibidas.
- Restricción en las llamadas internacionales a excepción de las llamadas al HPLMN (*Barring of outgoing international calls except those directed to the home PLMN country* o *BAOIC-excHC*). Todas las llamadas internacionales serán prohibidas salvo las que van hacia la PLMN del móvil. Este es el caso típico de un usuario que está haciendo roaming.
- Restricción de todas las llamadas entrantes (*Barring of all incoming calls* o *BAIC*). Todas las llamadas entrantes serán prohibidas manteniendo todavía las llamadas salientes.
- Restricción de las llamadas entrantes en un roaming (*Barring of all incoming calls when roaming* o *BIC-roam*). Cuando un usuario se encuentra haciendo roaming todas las llamadas entrantes son prohibidas. Esto solo aplica cuando la parte llamada paga por el enlace internacional.

Sin embargo, los servicios de restricción en las llamadas pueden tener ciertas limitantes como se verá a continuación.

8.3.2.2 Limitantes para las restricciones de llamadas

- La red no permite la activación de las restricciones de las llamadas internacionales cuando el servicio de desvío de llamadas internacionales está activo (sean estas condicionales o incondicionales)
- Tampoco será válida la activación de las restricciones en las llamadas salientes si algún servicio de desvío de llamadas está activo.
- BIC-roam permanecerá activo pero no aplicará cuando el MS permanezca en su PLMN. En cuanto el MS haga roaming el BIC-roam se activará.
- La restricción de las llamadas entrantes cuando se hace o no un roaming se deshabilita cuando el servicio de desvío de llamadas está activo (sean estas condicionales o incondicionales).

8.3.3 Servicios de Identificación de Líneas

Este servicio permite a un usuario ver la identificación de quien llama o recibe una llamada. Este incluye la presentación o restricción del número telefónico. El número telefónico incluye un prefijo internacional (para el caso de una llamada internacional) y el MSISDN. La identificación de línea se enfoca a 4 diferentes grupos que son:

- Presentación de la identificación de línea de la parte llamada (*calling line identification presentation* o *CLIP*).
- Restricción de la identificación de línea de la parte llamada (*calling line identification restricción* o *CLIR*).
- Presentación de la identificación de línea de la parte llamante (*connected line identification presentation* o *COLP*).
- Restricción de la identificación de línea de la parte llamante (*connected line identification restricción* o *COLR*).

8.3.3.1 Calling line identification presentation (CLIP)

El CLIP es un servicio que muestra el número de quien hace la llamada a quien la recibe. El MSC que sirve al usuario que hace la llamada provee de la identidad del usuario al MSC del usuario llamado. El MSC de la parte llamada verifica si el usuario tiene habilitado el servicio CLIP. Si la suscripción del servicio está confirmada, entonces la identidad de quien hace la llamada será revelada a quien la recibe. También esta identificación puede omitirse si se tiene habilitado el servicio CLIR. El MSC que sirve al usuario que llama provee del servicio de identificación pero restringe la visualización del número en la pantalla del teléfono.

En la siguiente figura se ilustran estas dos condiciones.

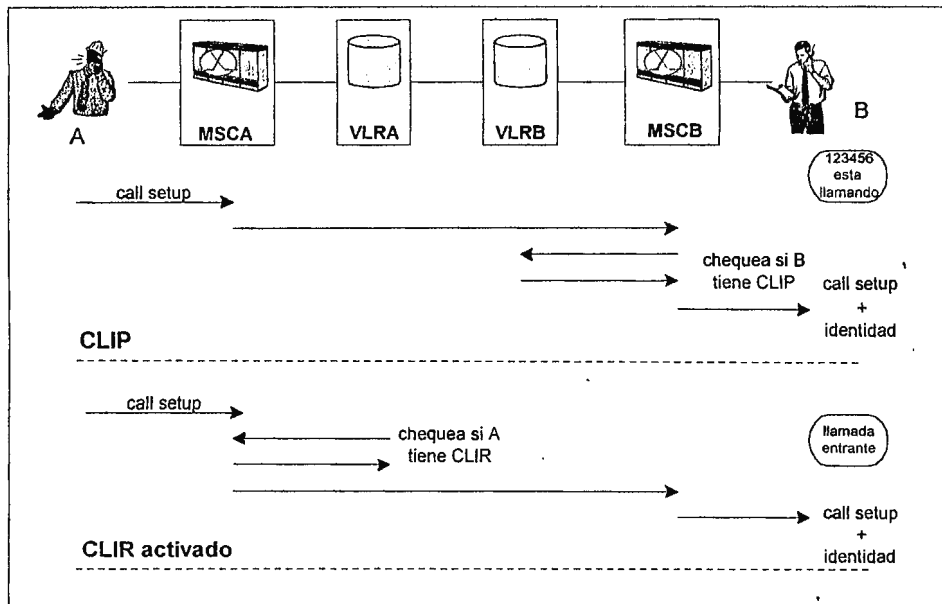


Figura. Flujo de información para identificación de usuarios

8.3.3.2 Connected line identification (COLP)

Este servicio permite la visualización del número de la parte llamada al usuario que hace la llamada. Esto podría parecer redundante desde el momento en que se ha establecido una comunicación. Pero esto no es del todo cierto cuando la parte llamada tiene activado el servicio de desvío de llamadas. El servicio COLP permite la visualización del destino final. El MSC del usuario llamado provee la identificación del usuario y si esta ha de ser visualizada o no.

8.3.4 Llamada en espera

Este servicio provee al usuario que ya se encuentra en una comunicación la opción de decidir si acepta o no una llamada entrante. Sin embargo este servicio se aplica a un móvil que se encuentre ocupado en una conversación. La llamada en espera es aplicable a todos los servicios a excepción de las llamadas de emergencia. El número de llamadas en espera que puede manejar un móvil esta limitado por el operador.

En la siguiente figura se ilustra un ejemplo de llamada en espera.

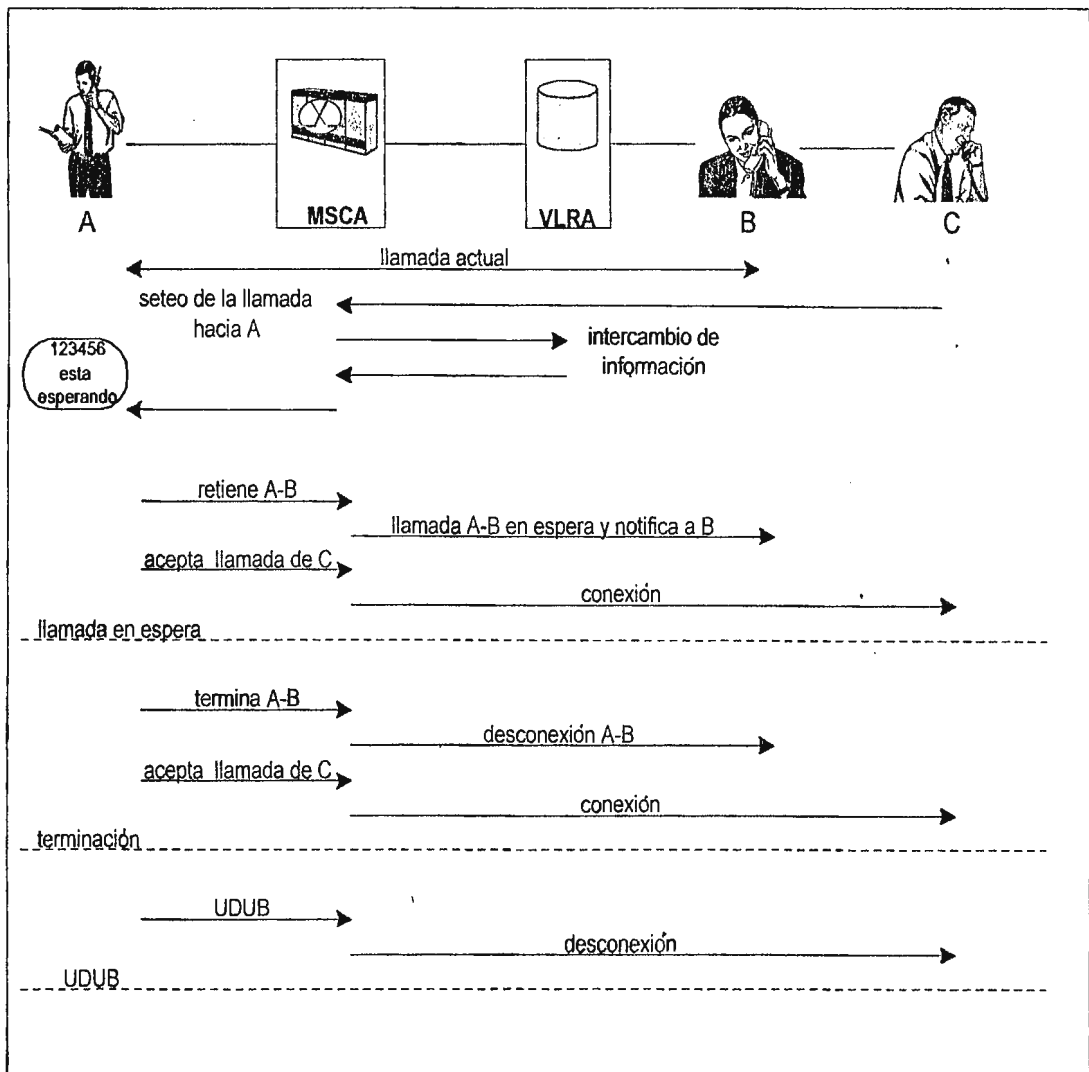


Figura. Procedimientos para la llamada en espera

En la figura, los usuarios A y B están en una comunicación. Cuando A tiene una llamada de un usuario C este último no tendrá una indicación de ocupado, mas bien un tono de llamado. El usuario A recibe la notificación de que C esta llamando y puede hacer 3 cosas:

- A puede poner a B en espera y aceptar la nueva llamada de C
- A puede terminar la llamada con B y aceptar la nueva llamada de C
- A puede continuar la conversación con B y enviar una notificación de ocupado (*user-determined user busy* o UDUB) a C.

Cuando la llamada en espera esta activada la condición de red ocupada (*network-determined user busy* NDUB) nunca ocurrirá. El usuario A no tiene mucho tiempo para decidir que hacer, ya que el temporizador de la red esta corriendo y la llamada en espera podría desconectarse al pasar determinado tiempo. Si el CFNRy esta configurado en el sistema entonces la llamada de C seria desviada hacia este nuevo número. La combinación de la llamada en espera con CLIP podría

resultar beneficiosa para el seguimiento de la segunda llamada ya que el usuario llamado sería informado de la identificación del número llamante y así tomar la decisión de aceptar o no la llamada.

La información acerca del estado del servicio de llamada en espera se guarda en el HLR y también es provista al VLR.

8.3.5 Servicio de comunicaciones multipartito (*multiparty communication supplementary service o MTPY*)

Este servicio permite a un suscriptor de agrupar simultáneamente de 3 a 5 usuarios en una llamada de grupo. El usuario que inicia una llamada MTPY debe de estar involucrado en una llamada con otra que se encuentre en retención. El servicio de retención de llamada es un requisito para MTPY. No es necesario que todos los usuarios estén suscritos a MTPY solo aquel que origina el llamado.

Tomemos el ejemplo de una llamada en espera, donde A y B están en una comunicación y un tercer usuario C llama a A. Después que escucha el tono de llamada en espera, A chequea quien es el que esta llamando y eventualmente conmutar la comunicación nuevamente hacia B. Todos los usuarios que están envueltos en MTPY reciben una notificación de la red que un nuevo usuario se ha introducido al grupo.

El usuario A, quien es el único que esta suscrito al servicio MTPY puede poner la comunicación multiparte en espera. Los usuarios B y C siguen siendo capaces de comunicarse entre si mientras que A llama a un cuarto participante D. D responde a A al mismo tiempo que B y C son notificados del nuevo usuario. A conecta nuevamente la llamada multiparte que estaba en retención en la comunicación activa con D, estableciendo así una comunicación en 4 sentidos.

Una vez que una comunicación multiparte esta establecida, el usuario A puede seleccionar un usuario en particular para una conversación privada. Esta conexión temporal con un usuario en particular coloca a los usuarios restantes en retención (estos pudiendo continuar su comunicación aunque A este fuera).

Una llamada multiparte puede ser terminada por todos los miembros simplemente colgando el terminal. El usuario A, quien origina la llamada MTPY, esta en la capacidad de desconectar a cualquier miembro del grupo. Sin embargo B, C y D controlan sus propios enlaces pudiendo poner sus comunicaciones en retención, terminar sus llamadas e incluso iniciar sus propias llamadas multipartes y conmutar entre los dos grupos MTPY.

En la siguiente figura se ilustra este proceso.

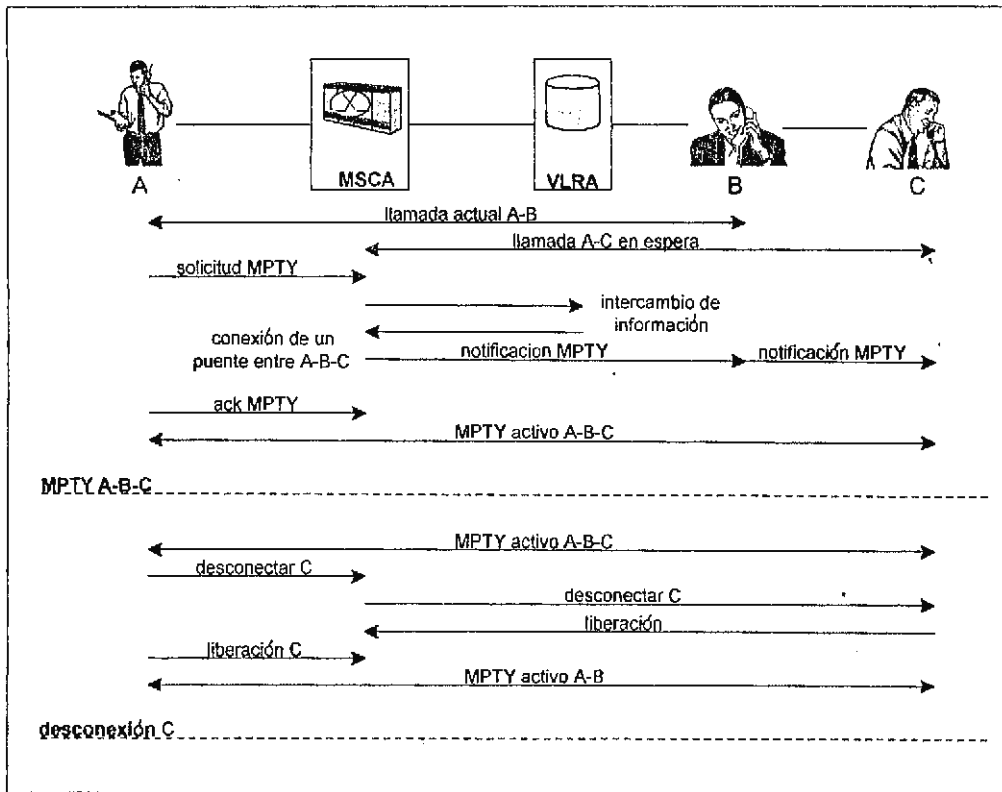


Figura. Ejemplo de una comunicación MPTY

En la figura A y B están en una comunicación mientras que la comunicación entre A y C está en retención. Como A es quien ha solicitado el servicio entonces solo él es quien puede iniciar una llamada MPTY. Para ello, envía una petición a la red para la creación de una conexión MPTY entre las tres partes. También es posible que A quiera sacar a C de la comunicación MPTY así que le indica al MSC de desconectarlo. Esto se logra de una manera transparente para los otros usuarios de la comunicación quienes no se ven afectados por este proceso. Por último, A pudiera querer hablar con otro usuario D. Para ello la llamada MPTY es puesta en retención, B y C continúan en la comunicación y A queda libre de iniciar una nueva comunicación. Si A decide incluir a D entonces se vuelven a dar las condiciones antes descritas solicitando una nueva conexión MPTY.

Un aspecto particular de este servicio es la facturación. La regla general es que el usuario que inicia una llamada debe pagar por ella. Si el usuario A inicia una llamada MPTY con n usuarios, entonces A deberá pagar por los n enlaces. Sin embargo, si otro usuario es quien llama a A y desea formar parte de la llamada MPTY entonces deberá pagar la llamada hacia A. Si A en determinado momento decide poner la llamada en espera, de modo que las otras partes continúen comunicándose, entonces deberá de seguir pagando por la conexión MPTY. Cuando A decide retirarse por completo de la llamada MPTY entonces la conexión se termina.

8.3.6 Servicio de aviso de recargo (*advice of charge supplementary service o AoC*)

Este servicio provee al usuario con información actualizada acerca de los recargos de las llamadas. Básicamente esta información consiste en un servicio llamado información de aviso de recargo (*advice of charging information o AoCI*). Básicamente este servicio provee al móvil de la

información acerca de los cobros sobre la cual se calcula la facturación. En un principio necesita de ciertos parámetros para poder determinar los montos en la facturación.

8.3.6.1 Información para el cobro (*charge advise information* o *CAI*)

La CAI son los datos que se utilizan para calcular los recargos en el móvil. El usuario tiene la opción de seleccionar la forma en que estos datos se presentarán en la pantalla. Para poder hacer estos cálculos el móvil está alimentado de ciertos parámetros de la red que permiten un cálculo muy preciso de los recargos.

Por simplicidad estos parámetros se resumen en 4 grupos que son:

- Un factor de escala S, convierte las unidades locales de la VPLMN en las unidades locales de la PLMN. Cuando el usuario se encuentra en su PLMN entonces el valor de S es 1.
- Una constante C, que indica un cargo mínimo por llamada para el período de tiempo inicial.
- Un factor relativo de tiempo T, consiste de diferentes parámetros de los cuales el móvil puede calcular la cantidad de unidades por período de tiempo.
- Un factor relacionado con los datos D, que se usa para calcular los recargos en las llamadas

Con estos parámetros la información de recargo está continuamente calculada por el móvil de la siguiente manera:

$$AoC = S (C + T + D)$$

Esta información de recargo se guarda de dos maneras diferentes en el móvil, específicamente en la SIM. La primera es en un contador de llamada actual (*current call meter* o *CCM*). El CCM guarda los recargos en las llamadas salientes, que al final será el monto a facturar de la última llamada. Cuando la llamada es concluida, este contador pasa a 0 y se vuelve a inicializar con una nueva llamada. Cuando se manejan múltiples llamadas durante una llamada, entonces el valor del CCM es la sumatoria de todas las llamadas. La segunda opción es un contador de llamadas acumuladas (*accumulated call meter* o *ACM*). Este contador almacena el recargo de la llamada actual y de todas las llamadas previas. También la tarjeta SIM tiene una tabla de precios por unidad (*price per unit and currency table* o *PCUT*) que permite al móvil de mostrar no solamente las unidades guardadas en el CCM sino que también el precio actual de la llamada.

8.3.6.2 Advice of charge information

AoCI provee un valor exacto del total del costo de la facturación esperado a final de mes. La red proporciona al móvil el valor CAI. El uso de este servicio requiere de una previa suscripción por parte del usuario. La red le proporciona al móvil una serie de parámetros (CAI) para cada llamada efectuada con el propósito de determinar el monto a pagar. El móvil a su vez le indica a la red que ha recibido la información CAI. En la siguiente figura se ilustra el manejo de este proceso.

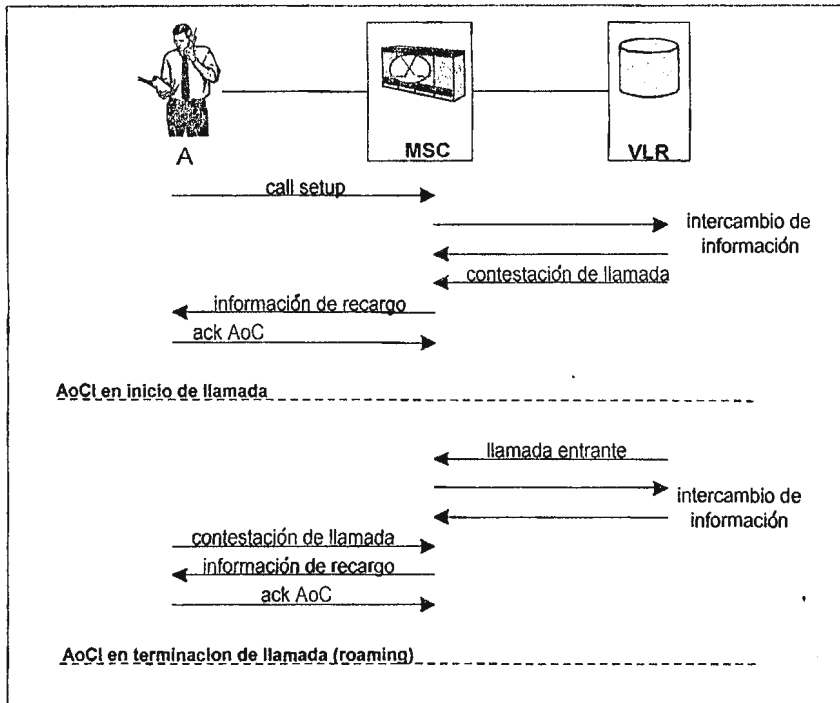


Figura. Procedimiento para el AoC

Capítulo 9

General Packet Radio Service

Introducción	164
9.1 Arquitectura del GPRS	165
9.1.1 Diagrama general de una red GSM	165
9.1.2 ¿Qué es GPRS?	165
9.1.3 Implementación de GPRS sobre la infraestructura GSM	166
9.1.4 Interfaces de GPRS	167
9.1.5 Clases de Terminales	169
9.3 Características de la Interfaz radio	169
9.3.1 Canales Lógicos	169
9.3.2 Asignación de recursos	171
9.2 Administración de Sesiones, de Movilidad y Enrutamiento	171
9.2.1 Proceso de registro	171
9.2.2 Administración de sesiones	171
9.2.3 Administración de la ubicación	172
9.2.4 Enrutamiento	175

Cap9 General Packet Radio Service

Introducción

Los sistemas celulares existentes que ofrecen servicios de transferencia de datos no llenan las expectativas de los usuarios y los proveedores. Desde el punto de vista del usuario, las velocidades de datos de los usuarios son muy lentas y el seteo de una conexión toma mucho tiempo. Esto lógicamente se ve reflejado en los costos que tiene que pagar el usuario para hacer uso de estos servicios. Desde el punto de vista técnico, el mayor inconveniente resulta del hecho que los sistemas inalámbricos existentes ofrecen servicios de datos basados en la conmutación de circuitos. En la interfaz aire, un canal de tráfico es asignado a un usuario por el tiempo que dure su comunicación (o transferencia de datos). En el caso de una transferencia de datos por ráfagas (paginas Web) esto resulta una utilización ineficiente de los recursos de la red. De aquí la necesidad de una tecnología que optimice la utilización de este recurso.

El General Packet Radio Service (GPRS) es un servicio implementado sobre GSM que mejora y simplifica el acceso inalámbrico a las redes de paquetes de datos como lo son la Internet y las intranets privadas. Utiliza el principio de transmisión de paquetes por radio para una transferencia eficiente de datos entre los usuarios móviles y las redes externas. Los paquetes pueden ser enrutados directamente desde los móviles GPRS y actualmente las redes basadas en los protocolos X-25 e IP son las mas utilizadas. GPRS es un nuevo sistema de transmisión de datos basado en la infraestructura de la red GSM y esta estandarizado por la ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Los usuarios de una red GPRS se benefician de tiempos de acceso a las redes de datos mas cortos y velocidades de transferencia de datos mayores que los que comúnmente se tenían con GSM.

En el siguiente capítulo se dará una introducción general a lo que es el GPRS. En una primera parte se describirán los componentes que conforman a dicho sistema así como las principales características de cada uno de ellos. Posteriormente se explicara un poco la forma en que son asignados los recursos de la red para llevarse a cabo la transferencia de información y por ultimo una idea general de cómo interactúa esta red con las redes de datos externas.

GPRS se presenta como una alternativa de transición suave para la tecnología GSM que busque incorporar los servicios de transmisión de datos. Es una red de paquetes de datos paralela a la de voz que comparte la interfaz aire de GSM; así los cambios introducidos en la red son mínimos, los cuales incluyen al MS.

9.1 Arquitectura del GPRS

9.1.1 Diagrama general de una red GSM

Para poder comprender la arquitectura de un sistema GPRS es necesario que se tome nuevamente el esquema general de una red GSM. En las siguiente figura se ilustra el diagrama general de una PLMN y sus principales componentes.

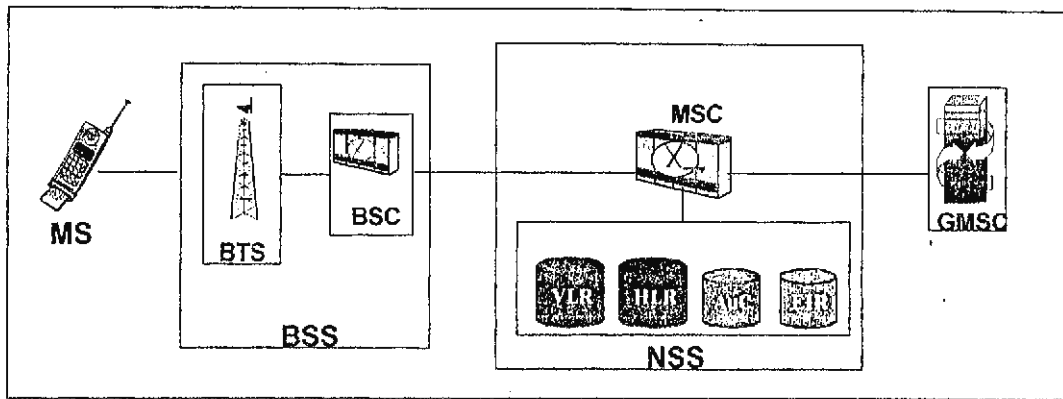


Figura. Diagrama general de una red GSM

Una PLMN esta formada básicamente por dos grandes sistemas que son el Base Station Subsystem (BSS) y el Network Switching System (NSS). El BSS esta formado por las Base Station Controller (BSC) que se encargan de la administración de los recursos de radio y las Base Station Transceiver (BTS) que proporcionan la cobertura de radio de toda la red. El NSS esta formado por un switch principal, el Mobile Switching Center (MSC) que se encarga de rutear todo el tráfico desde y hacia los usuarios y una serie de registros que permiten el control de llamadas y la administración de las comunicaciones entre los usuarios. Entre estos registros se tienen el Home Location Register (HLR), El Visitor Location Register (VLR), el Equipment Identity Register (EIR) y el Authentication Center (AuC).

9.1.2 ¿Que es GPRS?

El General Packet Radio Service o GPRS es un servicio de GSM que busca proveer al usuario, con un terminal móvil apropiado, el acceso a velocidades de transferencia de datos cercanas a las que actualmente se tienen en las PCs conectadas a las redes PSTM. GPRS se perfila como una mejora del sistema GSM en el cual se facilitará la transmisión de datos incorporando un software especial y un par de nuevos nodos en la red. El sistema transfiere paquetes de datos a través de la interfaz aire y utiliza el protocolo TCP/IP para poder entenderse con las redes de datos externas. Una de las ventajas fundamentales de GPRS es que la transmisión de paquetes de datos se basa en la conmutación de paquetes y no en la conmutación de circuitos. Esto lo logra al momento de la asignación de recursos ya que se hace bajo demanda del usuario cuando desea transmitir o recibir datos, mejorando la eficiencia en el enlace de radio.

9.1.3 Implementación de GPRS sobre la infraestructura GSM

9.1.3.1 Descripción de los componentes

Para poder hacer la integración del sistema GPRS en la existente arquitectura GSM, una nueva clase de nodos, llamados Nodos de Soporte GPRS (*GPRS Support Nodes* o *GSN*) han sido introducidos. Los GSNs son los responsables de la entrega y el enrutamiento de los paquetes de datos entre los móviles y las redes externas de paquetes de datos (*Packet Data Network* o *PDN*) como la Internet.

En la siguiente figura se ilustra la integración de dichos nodos en la red GSM.

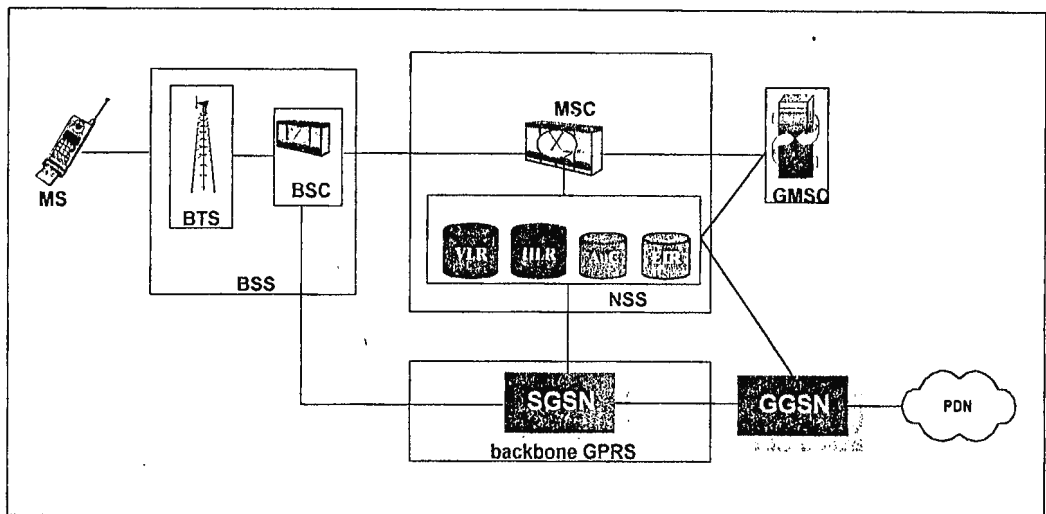


Figura. Implementación del GPRS sobre GSM

Podemos hacer la distinción de dos sub-sistemas del GSN: el **Serving GPRS Support Node (SGSN)** y el **Gateway GPRS Support Node (GGSN)**.

- El Serving GPRS Support Node (SGSN) es el responsable de la entrega de los paquetes de datos desde y hacia los móviles dentro de su área de servicio. Entre sus principales funciones tenemos enrutamiento y transferencia de paquetes, administración de la movilidad de los usuarios, administración de enlaces lógicos, autenticación y recargos. También maneja registros donde guarda información acerca de la ubicación de un determinado móvil (celda y VLR actuales) y los perfiles del usuario (IMSI y direcciones utilizadas en las PDN) que estén registrados con dicho SGSN.
- El Gateway GPRS Support Node (GGSN) es una interfaz entre el backbone GPRS y las redes externas de paquetes de datos. Convierte los paquetes GPRS provenientes del SGSN

en el formato adecuado de paquetes de datos (Packet Data Protocol o PDP) como lo son IP o X-25 y los envía en la red de datos correspondiente. En el otro sentido las direcciones de los paquetes PDP provenientes de las redes externas son convertidas en direcciones GSM del usuario destino. Los paquetes redireccionados son enviados al SGSN correspondiente. Para ello el GGSN también guarda información acerca del perfil del usuario y la dirección del SGSN asociado. En general, un GGSN es la interfaz hacia las redes externas de uno o varios SGSNs; un SGSN puede enrutar sus paquetes sobre diferentes GGSNs para alcanzar diferentes redes.

Todos los GSNs están conectados a través de un backbone GPRS basado en el protocolo IP. Dentro de este backbone los paquetes de datos son encapsulados en un formato compatible con los subsistemas SGSN y GGSN. Se pueden distinguir dos tipos de backbone GPRS:

- **Intra-PLMN backbone.** Dentro de esta red se conectan los GSNs de la misma PLMN y por ello están basados en un enrutamiento IP basado en direcciones privadas provistas por el operador de la red.
- **Inter-PLMN backbone.** Aquí se conectan los GSNs de diferentes PLMNs. Para ello se necesita un acuerdo de roaming entre las dos redes GPRS.

Los componentes de GPRS todavía guardan una comunicación con los elementos que conforman una red GSM. Recordemos que el sistema GPRS es una mejora del mismo sistema GSM y está diseñado sobre este último. Por lo tanto la funcionalidad de los componentes en GSM todavía se mantiene.

9.1.4 Interfaces de GPRS

En la siguiente figura se ilustran las principales interfaces que conectan cada uno de los sistemas descritos anteriormente.

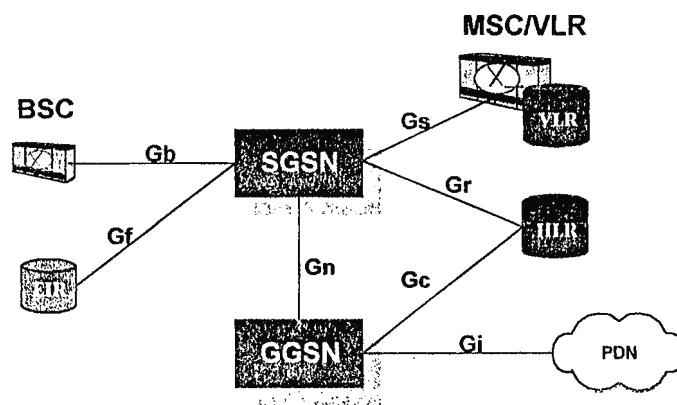


Figura. Principales interfaces de GPRS

9.1.4.1 Interfaces internas

Dentro del sistema GPRS podemos diferenciar las siguientes interfaces:

- Gb: conecta al SGSN con la BSC
- Gn: funciona para el intercambio de información entre los dos nodos GSN
- Gr: esta interfaz es utilizada por el SGSN para consultar al HLR acerca del perfil de un usuario, su dirección SGSN y su dirección PDP.
- Gc: esta interfaz es utilizada por el GGSN para consultar la ubicación o el perfil de un usuario para la actualización de sus registros.
- Gs: esta interfaz sirve para la comunicación entre las bases de datos del SGSN y el MSC/VLR.

9.1.4.2 Interfaces externas

También el sistema GPRS tiene interfaces que le permiten conectarse con sistemas externos a una PLMN. Entre estas se tienen:

- Gi: es la interfaz que conecta a la PLMN con las redes PDNs públicas o privadas como la Internet o las intranets privadas.
- Gp: es la interfaz que permite la conexión de dos GSNs entre dos PLMNs.

En la siguiente figura se ilustra un diagrama general de una red GSM/GPRS

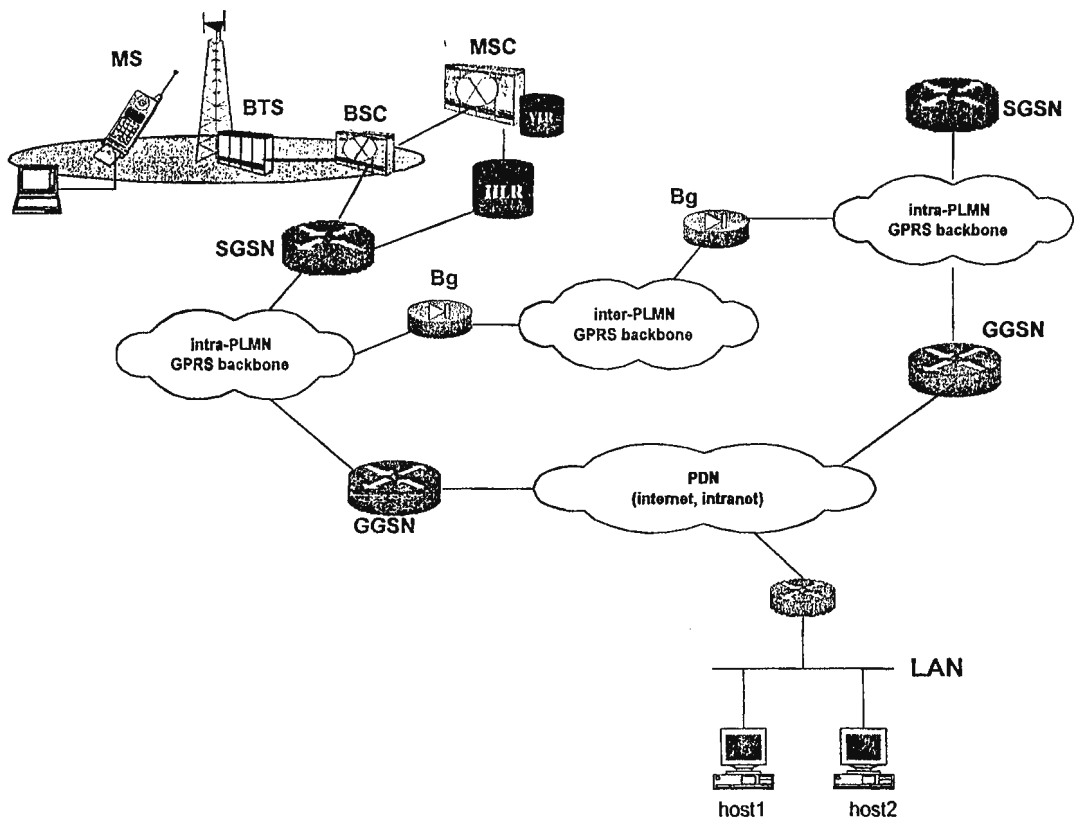


Figura. Diagrama general del GSM/GPRS

9.1.5 Clases de terminales

En una red GSM/GPRS los servicios basados en la conmutación de circuitos (voz, SMS) y los servicios basados en la conmutación de paquetes (datos) pueden ser utilizados en paralelo. Sin embargo, este tipo de servicio presupone la elaboración de terminales mucho más complejos que los que actualmente se utilizan en GSM. Es por ello que no se puede decir en su totalidad que GPRS sea una actualización de la arquitectura de la red para mejorar los servicios de GSM ya que para el acceso a estos servicios se necesita la incorporación de toda una nueva línea de terminales específicos a este tipo de aplicaciones.

A raíz de esto se han definido diferentes clases de terminales móviles.

- **Clase A.** Son los terminales móviles que pueden soportar simultáneamente los servicios de GSM y GPRS
- **Clase B.** Son los terminales que pueden registrarse con la red para ambos servicios simultáneamente pero que pueden hacer uso solo uno de ellos a la vez.
- **Clase C.** Son los terminales que pueden registrarse con la red con uno de los servicios a la vez.

9.2 Características de la Interfaz radio

9.2.1 Canales Lógicos

Todas las funciones que realiza la red GPRS se basan en la implementación de canales lógicos de la misma manera que para GSM. Para la mayoría de los casos, en comparación con la red GSM, lo único que cambia en la nomenclatura de los canales son sus nombres. En la siguiente tabla se muestra la estructura de los canales diferentes canales lógicos.

Grupo	Canal	Función	Dirección
Canales de Control			
Packet Broadcast Control Channel	PBCCH	Control de broadcast	BSS > MS
Packet Common Control Channel	PRACH	Acceso aleatorio	MS > BSS
	PAGCH	Respuesta de acceso	BSS > MS
	PPCH	Paging	MS > BSS
	PNCH	Notificaciones	BSS > MS
Packet Dedicated Control Channel	PACCH	Control asociado	MS \diamond BSS
	PTCCH	Control del TA	MS \diamond BSS
Canal de tráfico			
Packet Data Traffic Channel	PDTCH	Trafico de datos	MS \diamond BSS

Tabla Clasificación de los canales lógicos

Como puede verse de la tabla y tal como en GSM, los canales lógicos pueden dividirse en dos categorías: los canales de tráfico y los canales de control.

Packet Data Traffic Channel (PDTCH) se utiliza para la transferencia de los datos del usuario. Está asignado a un móvil para su comunicación y en ocasiones un mismo móvil puede utilizar varios PDTCH.

Ahora estudiaremos cada uno de los canales de control por separado y su función dentro de la red.

Packet Broadcast Control Channel (PBCCH) es un canal de señalización punto-multipunto de la BSS hacia el MS. Es utilizado por la BSS para transmitir información específica a todos los móviles acerca de la organización de la red GPRS. En casos especiales, el PBCCH también puede transmitir información importante del sistema acerca de la red GSM por lo que el móvil no necesita escuchar al BCCH.

Packet Common Control Channel (PCCCH) es un canal de señalización punto-multipunto bidireccional que transporta información de señalización para la administración de la red y se divide en 4 subcanales.

1. *Packet Random Access Channel (PRACH)* es un canal usado por el móvil para la petición de uno o más PDTCH.
2. *Packet Access Grant Channel (PAGCH)* es un canal utilizado para la asignación de uno o más PDTCH al móvil.
3. *Packet Paging Channel (PPCH)* es utilizado por el BSS para localizar un móvil y proceder a la transferencia de los datos.
4. *Packet Notification Channel (PNCH)* es utilizado por la red para informar al móvil de los mensajes PTM (Point-to-Multipoint).

Packet Dedicated Control Channel (PDCCH) son canales de señalización punto a punto y se dividen en dos grupos que son:

1. *Packet Associated Control Channel (PACCH)* siempre va en conjunto con uno o más PDTCH asignado(s) a un móvil. Contiene información específica relacionada con un solo móvil (ej: información del power control).
2. *Packet Timing Advance Control Channel (PTCCH)* es utilizado para la sincronización adaptativa de las tramas.

La coordinación entre los sistemas de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes es muy importante, a tal punto que si el PBCCH no está disponible en una celda, el móvil todavía tiene la facilidad de escuchar al BCCH para informarse acerca de la red. De la misma manera, si el PCCCH no está disponible en una celda el móvil tiene la opción de escuchar al CCCH para iniciar la transferencia de paquetes con la red.

9.2.2 Asignación de recursos

En GSM los MS utilizan el mismo time slot tanto en el uplink como en el downlink. La asignación de los canales en GPRS difiere un poco del concepto original en GSM. GPRS permite a un MS transmitir en múltiples time slots de la misma trama TDMA, lo que se conoce como operación multislot. Esto resulta en una asignación más flexible de los canales: 1 a 8 time slots disponibles para un mismo usuario. Mas aun, en GPRS la asignación de canales en el uplink y en el downlink se hace independientemente, lo que permite manejar tasas de tráfico diferentes en cada uno de los enlaces.

En GSM, un canal es asignado permanentemente a un usuario en particular durante toda su llamada (sea voz o datos lo que se transmite). En GPRS, los canales son asignados solamente cuando datos son enviados o recibidos y son liberados luego de la transmisión. Bajo este principio, múltiples usuarios pueden compartir un mismo canal físico. De esta manera, múltiples usuarios pueden compartir los recursos de radio de una celda, sean estos usuarios GPRS o usuarios GSM. Según sea la demanda, la cantidad de canales asignados para GPRS puede cambiar. Los canales que no son utilizados en GSM pueden ser asignados como PDCHs e incrementar la calidad en el servicio GPRS.

9.3 Administración de Sesiones, de Movilidad y Enrutamiento

9.3.1 Proceso de registro

Antes de que un móvil pueda utilizar los servicios GPRS debe registrarse con el SGSN que actualmente le da servicio. La red chequea si el usuario está autorizado, y de ser así, copia su registro desde el HLR y lo almacena en el SGSN. Este procedimiento se conoce *GPRS attach*. Para los móviles que utilizan los servicios de conmutación de circuitos (voz) y conmutación de paquetes (datos) es posible realizar procedimientos de *GPRS/IMSI attach*. La desconexión de la red GPRS se conoce como *GPRS detach*. Ambos procedimientos pueden ser iniciados tanto por el MS como por la red.

9.3.2 Administración de Sesiones

Para intercambiar datos con las redes PDNs externas luego de un registro a la red, un MS debe aplicar por una dirección lógica utilizada en la PDN (para nuestro caso una dirección IP). Esta dirección se conoce como dirección de paquetes de datos o **Packet Data Protocol Address (PDP)**. Para cada sesión que realice el móvil una dirección PDP es creada.

Cada PDP está caracterizada por:

- El tipo PDP (ej: Ipv4)
- La dirección PDP asignada al MS (ej: 129.187.222.10)
- El QoS solicitado
- La dirección del GGSN que sirve como punto de acceso a la PDN

Todo esto es almacenado en el móvil, el SGSN y el GGSN. Con un PDP activo, el móvil se reconoce ahora por medio de dos identificadores que son el IMSI y el PDP. El mapeo de las dos direcciones se realiza a nivel del GGSN y permite la transferencia de paquetes de datos entre una PDN y un móvil. La asignación de las direcciones PDP puede ser estática o dinámica. En el primer caso, el operador de la red de la PLMN del móvil le asigna manualmente una PDP. En el segundo caso, una PDP es asignada automáticamente cuando solicita una sesión PDP. La asignación del PDP puede ser realizada por el operador de la PLMN o por el operador de la PLMN visitada, ya sea esta de manera automática o manual. En el caso de una asignación automática, el GGSN es el responsable de la activación o desactivación de las direcciones PDP. En la siguiente figura se ilustra el proceso de activación de una sesión PDP.

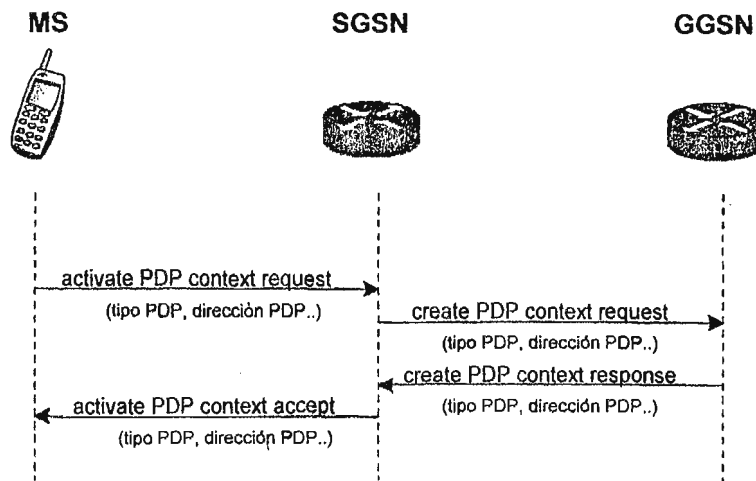


Figura. Proceso de activación PDP

Por medio del mensaje ACTIVATE PDP CONTEXT REQUEST el MS informa al SGSN que requiere un PDP. Si el acceso es permitido el SGSN enviará el mensaje CREATE PDP CONTEXT REQUEST hacia el GGSN correspondiente. Este último crea un nuevo registro en sus tablas PDP que le permitirán posteriormente enrutar los paquetes de datos entre la SGSN y la PDN correspondiente. A su vez enviará el mensaje de confirmación CREATE PDP CONTEXT RESPONSE hacia el SGSN el cual contiene la dirección PDP. El SGSN actualiza sus tablas PDPs y le envía una notificación al móvil por medio del mensaje ACTIVATE PDP CONTEXT ACCEPT.

9.3.3 Administración de Movilidad

La principal función de la administración de movilidad es la de rastrear la ubicación actual de un móvil de modo que los paquetes entrantes puedan ser enrutados hacia el MS. Para este propósito el MS frecuentemente envía mensajes de actualización de ubicación al SGSN que le da servicio en ese momento. Si el MS envía sus actualizaciones de manera aleatoria, su ubicación no es

conocida por la red por lo que el paging en cada enlace en el downlink es necesario, lo que resulta en un retardo en la entrega de los paquetes. Por otro lado, si las actualizaciones ocurren muy seguidas, la localización del MS será muy bien determinada por la red y los paquetes serán entregados sin ningún retardo por la menor cantidad de paging realizados. Sin embargo, de esta manera se consume una gran cantidad de recursos de radio para poder mantener actualizada la ubicación del móvil. Por esto, en GPRS la actualización de la ubicación se realiza de manera diferente y se busca una posición intermedia a los casos expuestos.

Para esto un modelo de estados ha sido definido para la actualización de la ubicación en GPRS y se muestra en la siguiente figura.

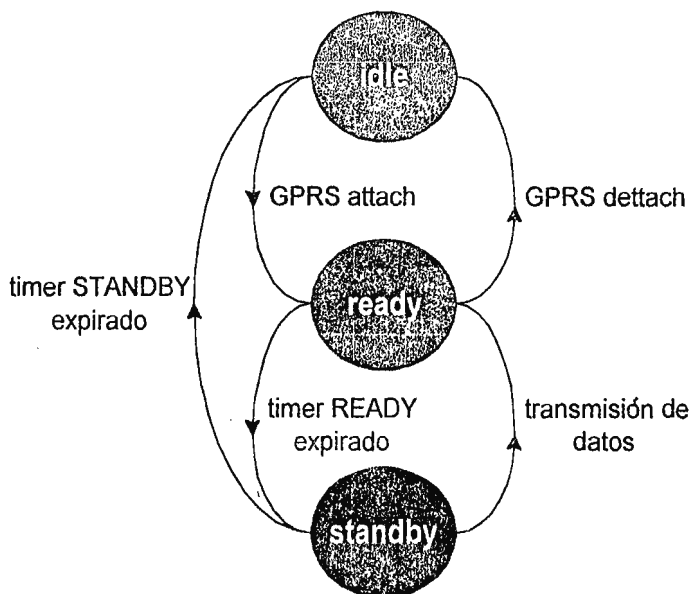


Figura. Modelo de estados para un móvil GPRS

Un móvil GPRS puede estar en cualquiera de los tres estados dependiendo de la cantidad de tráfico que maneje. La frecuencia del proceso de actualización de la ubicación dependerá del estado en que se encuentre.

En el estado IDLE el móvil no puede ser alcanzado. Realizando un proceso de registro como el ya explicado anteriormente, el móvil pasa al estado READY. Con el proceso inverso el móvil se desconectará de la red y volverá al estado IDLE. Todas las direcciones PDP que fuesen asignadas serán borradas. El estado STANDBY será alcanzado luego que, una vez que el móvil se encuentre en estado READY, un temporizador específico caduque sin que el móvil haya realizado una transferencia de paquetes de datos.

En el estado IDLE, no se realiza ningún proceso de actualización de ubicación. Mientras que el móvil permanezca en dicho estado su ubicación será desconocida. Un móvil en el estado READY informa a su SGSN de cada movimiento hacia una nueva celda. Para la administración de la ubicación de un móvil, GSM utiliza el concepto de Location Area (LA). En GPRS, el concepto de LA se modifica un poco y se habla de áreas de enrutamiento o Routing Areas (RA)

que son subdivisiones del LA. En general, un RA consiste de un grupo de celdas y de manera similar que en GSM, el SGSN será informado de una nueva ubicación solamente cuando el móvil cambie a una nueva RA. Para encontrar en que celda es que se encuentra un móvil en estado STANDBY, será necesario hacer un paging en todas las celdas dentro de un RA. Para los móviles en estado READY el proceso de paging no será necesario.

Cada vez que el móvil se desplaza a una nueva RA se realiza el proceso de la siguiente figura.

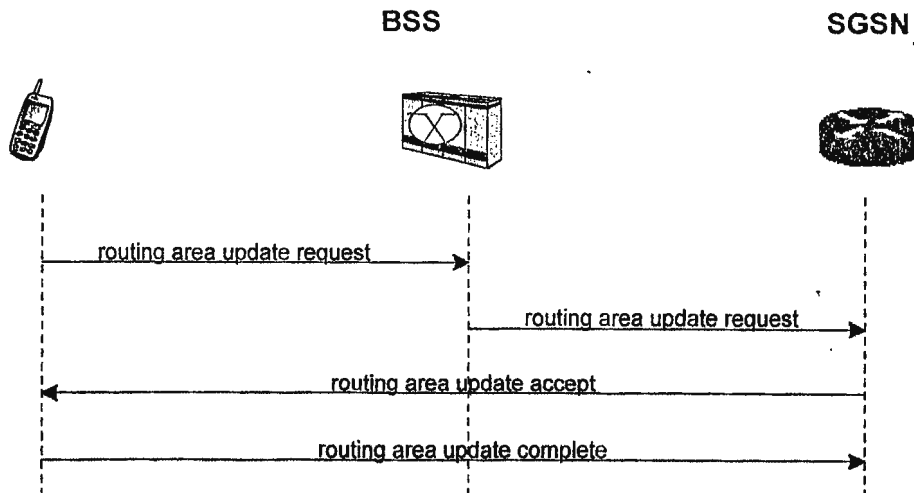


Figura. Proceso de actualización de área de enrutamiento

Cada vez que el móvil se desplaza a una nueva RA envía el mensaje ROUTING AREA UPDATE REQUEST al SGSN asignado. El mensaje contiene la identidad del área de enrutamiento o Routing Area Identity (RAI) de su antiguo RA. La BSS agrega el identificador de la celda (CID) del cual el SGSN puede obtener el nuevo RAI. Dos diferentes casos pueden darse:

- **Actualización de RA intra-SGSN.** El móvil se ha movido a un RA que esta asignado al mismo SGSN que el antiguo RA. En este caso, el SGSN ha guardado el perfil necesario del usuario y como el enrutamiento no cambia, no hay necesidad de informar a otros elementos de la red tales como el GGSN o HLR.
- **Actualización de RA inter-SGSN.** En este caso la nueva RA está administrada por un SGSN diferente. Este se da cuenta que el MS esta ahora en su área y le hace una petición al antiguo SGSN de enviarle su PDP. Después de esto, el nuevo SDSN le informa a los GGSNs involucrados de las tablas de ruteo del nuevo movil.

Tambien existe la posibilidad que al realizar un cambio de RA casualmente se este dando un cambio de LA. Esto ocurre cuando un móvil que soporta las funciones de GPRS así como de GSM se mueve a un nuevo LA. En este caso el parámetro *update type* es utilizado para indicar que un LU (Location Update) es necesario. El mensaje es entonces reenviado al VLR que sirve en ese momento al móvil el cual realiza el proceso como se ha descrito anteriormente. Así, podemos diferenciar dos niveles de administración de movilidad. Un nivel **micro** en el cual se

lleva un registro de la RA actual del móvil y un nivel **macro** que lleva un registro del SGSN que sirve al móvil y que se actualiza en el HLR, VLR y GGSN.

9.3.4 Enrutamiento

En esta sección veremos como la red GPRS puede conectarse con una red externa basada en el protocolo IP. La interfaz Gi descrita anteriormente sirve como el punto de acceso con las redes IP como la Internet o las intranets. Vista desde afuera, para una red IP la red GPRS es como cualquier otra red IP y el GGSN es como cualquier router. En la siguiente figura se ilustra esta estructura.

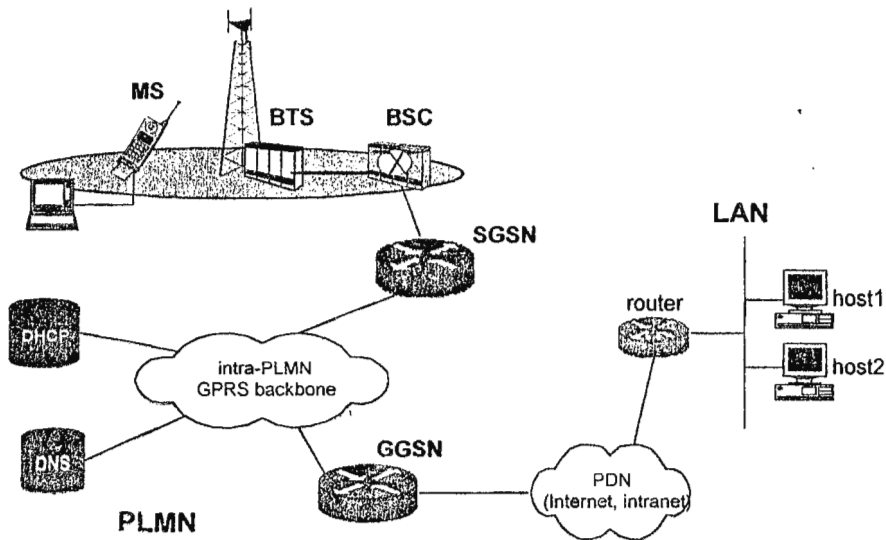


Figura. Estructura de la red GPRS conectada con una red IP

Cada usuario móvil que es registrado y que quiere intercambiar datos con cualquier PDN se le es asignada una dirección IP. La dirección IP es tomada de la lista de direcciones IPs (publicas o privadas) que cada operador administra. Para poder manejar la gran cantidad de usuarios móviles, es recomendable utilizar asignación dinámica de direcciones IPs por medio de servidores **DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)** instalados en el backbone GPRS. El mapeo de direcciones IPs con direcciones GSM (IMSI) se hace a nivel del GGSN basados en las direcciones PDPs. También un servidor de dominios o **Domain Name Server (DNS)** administrado por el operador GPRS puede ser utilizado para el mapeo de la direcciones IPs con los *host names*. Para proteger la PLMN de accesos no autorizados un **firewall** puede ser instalado entre la red privada GPRS y las redes IP externas, con el propósito de filtrar y controlar la entrada de paquetes de procedencia no deseados (hackers, virus, etc.).

Como puede observarse, el lograr la incorporación de las redes de datos a los sistemas de telefonía móvil como GSM representa una evolución en cuanto a la oferta de servicios. La tendencia de éstas tecnologías es buscar hacer una integración de los servicios de redes de datos

con la telefonía inalámbrica, esto bajo una visión futurista que busca la convergencia de los dos grandes mercados que actualmente son los que llaman mas la atención de los usuarios: el de la Internet y el de los celulares. Sin embargo, para lograr esta integración, es necesario proveer medios de comunicación que sean confiables y aseguren una transmisión íntegra en los datos. Si bien es cierto que la telefonía celular involucra medios de corrección y tratamiento de la información cada vez mas complejos, promover los servicios que actualmente ofrecen las redes fijas es una tarea muy difícil debido a ciertos factores que limitan dicha visión como por ejemplo los retardos y las pérdidas de paquetes que se dan en el aire. Sin embargo, a pesar de esto, GPRS representa una mejora para la red GSM en cuanto a la incorporación de los servicios de transmisión de datos.

Capítulo 10 Introducción a 3G

Introducción I	178
10.1 Concepto de Tercera Generación – 3G	179
10.1.1 ¿Qué es 3G?	179
10.1.2 Características Comunes a todos los sistemas de 3G	180
10.1.3 EDGE	181
10.2 Sistemas CDMA de 3G	183
10.2.1 Modos de CDMA para 3G	183
10.2.2 Características comunes a todos los sistemas CDMA de 3G	183
10.2.3 Características Específicas de WCDMA	184
10.3 UMTS	187
10.3.1 Presentación General de UMTS	187
10.3.2 Coexistencia de la red GSM/GPRS con la red UMTS	189
10.3.3 Arquitectura de la red de radio UTRAN	190
10.3.4 Definición de los diferentes sistemas de la UTRAN	192
10.3.5 Servicios de UMTS	194
10.3.6 Síntesis	196

Cap10 Introducción a 3G

Introducción

En los últimos años ha surgido un concepto del que actualmente se habla mucho, este es el concepto de Tercera Generación (3G) de Redes Celulares. En forma simplificada podemos decir que 3G se refiere al hecho de poder manejar tanto voz, datos y video en un mismo dispositivo móvil.

En el presente capítulo hablaremos primeramente del concepto de Tercera Generación, a que se refiere este concepto, que características deben cumplir todas las redes de Tercera Generación, y finalmente haremos una breve reseña de EDGE, que es el único estándar de 3G que hace uso de TDMA, por lo cual se postula como una actualización para todas las redes que utilicen esta tecnología de acceso.

En segundo lugar hablaremos de los sistemas de 3G que utilizan CDMA. De los modos de funcionamiento de esta tecnología, las características comunes a todos los sistemas CDMA de 3G y finalmente abordaremos el caso especial de WCDMA, que es el estándar 3G adoptado para coexistir con las redes GSM/GPRS de 2G/2.5G.

En tercer lugar hablaremos del sistema UMTS, de cómo se da el cambio desde GSM hasta este sistema, de su arquitectura básica, además se hará una breve descripción la Red de Acceso utilizada, la UTRAN, finalmente se describirá en forma general los diversos servicios y tipos de aplicaciones que se podrían utilizar en UMTS.

10.1 Concepto de Tercera Generación

10.1.1 ¿Qué es 3G?

El concepto 3G (Tercera generación) se refiere a todos aquellos sistemas de telefonía móvil celular con capacidad de manejar voz, datos y video. Por definición la ITU (International Telecommunications Union) ha hecho una recomendación acerca de las características que los sistemas de tercera generación o IMT 2000 (International Mobile Telecommunications 2000) deben poseer:

- ⇒ Una calidad de servicio (QoS, Quality of Service) que sea comparable con las redes fijas de voz.
- ⇒ Un desarrollo por fases, donde la primera fase soporte tasas de bits de hasta 2Mbps.
- ⇒ La capacidad de construir terminales con diferentes tamaños, formas y factores.
- ⇒ Una arquitectura flexible donde sea sencillo agregar aplicaciones adicionales.

Estas recomendaciones, por supuesto, incluyen muchos factores y muchas de estas recomendaciones son muy generales. Por esto, las compañías involucradas acordaron que elementos como la administración flexible de multimedia, acceso a Internet, servicios portátiles flexibles eran de gran importancia. Debido a que Internet se ha convertido en una fuerza global y una herramienta diaria para las personas, es importante definir un sistema inalámbrico de área amplia que sea capaz de utilizar todos estos servicios. El desafío consiste en migrar hacia una arquitectura donde todos los beneficios de Internet se mantengan al mismo tiempo que se preserve la calidad de servicio de los actuales sistemas de 2G, esta visión incluye la capacidad de acceder los servicios a toda hora, en todo lugar y en cualquier dispositivo.

El ITU además realizó una conferencia en 1992 para determinar que bandas de frecuencia recomendaba para 3G. La reunión que dio nombre a las recomendaciones siguientes fue la Conferencia Mundial de Administración de Radio 1992 (World Administrative Radio Conference 1992, WARC-92). El ITU identificó las frecuencias alrededor de los 2GHz como adecuadas para el uso tanto por sistemas móviles satelitales como terrestres. El objetivo original era tener un solo estándar de 3G, pero este ha sido muy difícil de lograr, esto debido a los diversos intereses económicos que giran alrededor de la implementación de esta tecnología.

Durante los años 90's, hubo una competencia entre muchos interesados con el fin de convencer al mundo que su visión de 3G era la mejor. Todos los diferentes contendientes en esta competencia tienen razones (mayormente de índole económica) para preferir unas propuestas en lugar de otras. Al mismo tiempo todos tienen el sentir que las cosas tienen que trabajar mejor que con los actuales sistemas de 2G, no porque estos sean malos, sino por los diferentes e incompatibles estándares existentes, que han convertido el concepto de movilidad internacional en algo muy difícil y de costo elevado.

En 1997, esta estandarización se manejó de manera diferente en los Estados Unidos, Europa y Japón. Esto debido a que cada una de estas regiones quería proteger sus intereses económicos. Por ejemplo Europa debía cuidar por los intereses de empresas como Ericsson (de Suiza) y Nokia (de Finlandia), mientras que Estados Unidos se preocupaba por empresas como AT&T, Lucent y

Motorola, por esto las empresas participantes a menudo se encontraban presentes en todos los diferentes organismos de estandarización. En la primera mitad de 1998, Europa tomó muchas decisiones en la dirección de WCDMA (Wideband CDMA), mientras los Estados Unidos apoyaron EDGE y cdma2000, Japón se inclinó por WCDMA pero con diferencias con el trabajo realizado en Europa. En 1998 la ITU trabajó en conjunto con estos diferentes organismos para lograr armonía primordialmente entre el organismo de estandarización Japonés (ARIB/TTC) y su contraparte Europea (ETSI). El resultado fue un lineamiento para definir el estándar WCDMA, además se formó el 3GPP (Third Generation Partnership Project). Luego el organismo Estadounidense (ANSI) creó el 3GPP2, el cuál estandarizó el sistema cdma2000.

Este trabajo adicional de armonización dio como resultado compromisos entre los diferentes estándares de CDMA, volviéndose estos más cercanos el uno al otro. Aún así existen todavía tres modos diferentes del estándar CDMA. Pero a pesar de estos diferentes modos, la ventaja principal radica en que la mayoría de las aplicaciones están siendo pensadas para trabajar con el protocolo de datos IP, por lo que se vuelven independientes del modo de interfaz aire utilizado.

Además de los sistemas que utilizan CDMA, existe EDGE que utiliza TDMA, el cual es también parte de la familia del IMT 2000 de los estándares de 3G definidos por el 3GPP.

10.1.2 Características comunes a todos los sistemas de 3G

Antes de profundizar en cualquier tecnología de 3G es necesario conocer acerca de las características claves y comunes a todos los sistemas de tercera generación, entre las cuales están:

Tasa de Transferencia de Datos Alta

Aunque los sistemas de 2.5G introducen tasas de datos mayores que los sistemas de 2G, no es algo con lo que los usuarios pueden contar siempre. Los usuarios comparten el ancho de banda, y las aplicaciones no pueden contar con una velocidad garantizada. A medida que más y más usuarios se acostumbran a acceder el Internet por medio fijo con conexiones de banda ancha en sus casas, la velocidad del acceso a Internet por medio móvil se vuelve también importante. Nuevos y avanzados dispositivos con grandes pantallas crean una necesidad por multimedia, la cual requiere velocidades altas de transmisión de datos para funcionar efectivamente. Estas velocidades pueden ser alcanzadas por medio de canales que son orientados a conexión (circuit switched) o no orientados a conexión (packet switched). Para los canales no orientados a conexión, la tasa de bit resulta altamente dependiente de la QoS escogida.

QoS

Cuando una conexión es establecida entre el usuario y la red, se lleva a cabo un acuerdo entre el usuario y el operador, este acuerdo depende de las características de suscripción del usuario. Este acuerdo establece que tipo de demoras el usuario debe esperar como máximo, que tasas de bits debe esperar como mínimo. Para aquellos usuarios con suscripción privilegiada, se debe garantizar que la tasa de bits nunca disminuirá de cierto valor, amén claro que salgan fuera del área de cobertura.

Tasa de Bits dependiente de la distancia

La tercera característica, un poco mas general, a todos los sistemas de 3G es que la máxima tasa de transferencia será altamente dependiente de la distancia del móvil a la Radio Base, debido a las condiciones de propagación, sobre todo en los ambientes urbanos. Mientras más se aleja un móvil de la Radio Base, más difícil es obtener velocidades altas, esto debido a todos los bits de seguridad que se debe agregar para minimizar la pérdida de información. Esta característica debe ser considerada de manera especial por los desarrolladores de aplicaciones, debido a que estas deben ser pensadas para poder trabajar a diferentes tasas de transferencia de datos a medida el móvil se desplaza.

Por ejemplo, para una aplicación como el visiófono (servicio telefónico con video), se puede configurar de manera que cuando el móvil se aleje de la Radio Base y la tasa de transferencia de bits disminuya, se de prioridad a la voz sobre el video, llegando incluso a suspender el servicio de video.

10.1.3 EDGE

EDGE, Enhanced Data Rates for Global Evolution o Enhanced Data Rates for GSM Evolution como fue originalmente llamado es una actualización costo-eficiente para las actuales redes GSM/GPRS y TDMA. EDGE opera en el espectro existente e incrementa la velocidad sobre la interfaz aire.

Luego de la introducción de GPRS en los sistemas GSM, fue posible ofrecer transferencia de datos a velocidades relativamente aceptables, pero a medida que se van desarrollando aplicaciones con mayor necesidad de ancho de banda, se hace necesario incrementar la velocidad de transmisión de datos en el sistema, esto es exactamente lo que EDGE provee, al hacer posible transmitir mayor cantidad de información en cada TS (Time Slot). Mientras que la actualización a GPRS consiste principalmente en agregar nuevos nodos a la red núcleo. EDGE acelera la velocidad sobre el aire. Cuando se envían datos sobre un medio inalámbrico, los bits son comúnmente codificados en símbolos (en otras palabras, representaciones de información que pueden ser enviadas a través de aire). Una forma de realizar esta codificación es permitir que un bit corresponda a un cambio de fase en la señal de radio.

En otras palabras, cada señal de radio enviada a través del aire puede transportar mas bits de información, incrementando de esta manera la tasa de transferencia de bits. Como es de imaginar, este incremento de información sobre el aire hace la recepción y decodificación de la información mucho mas compleja, por lo que el receptor debe ser mas avanzado, y la calidad de la señal debe ser mayor. Esto además presupone la introducción de nuevos terminales. Todo esto representa un problema, debido a que la calidad de la señal para sistemas inalámbricos varia grandemente a medida que el usuario se desplaza, especialmente si se aleja de las Radio Bases. Para remediar este problema EDGE provee nueve diferentes esquemas de codificación (CS, Coding Schemes), en lugar de los cuatro ofrecidos por GPRS. Estos esquemas de codificación se muestran a continuación:

Coding Scheme	Bit Rate por Time Slot (KBPS)
MSC-9	59.2
MSC-8	54.4
MSC-7	44.8
MSC-6	29.6
MSC-5	22.4
MSC-4	16.8
MSC-3	14.8
MSC-2	11.2
MSC-1	8.4

La selección del esquema de codificación es dinámica y depende de la razón C/I, la cual describe que tan fuerte es la señal recibida en relación con otras señales que no contienen los datos deseados. A medida que la calidad de la señal disminuye, EDGE conmuta a un esquema de codificación que sea más robusto, pero que a la vez provee un menor desempeño.

Para el caso, el esquema de codificación MSC-9 requiere una alta calidad de señal, ya que carece de mucha de la codificación de protección que provee el esquema MSC-1.

Con el fin de facilitar la convergencia entre GSM y D-AMPS, EDGE también puede ser implementado como una actualización de las redes TDMA. El obstáculo aquí radica en que los canales de D-AMPS poseen un ancho de banda de 30Khz, mientras que los canales de GSM poseen un ancho de banda de 200Khz. Para solventar esta dificultad ha surgido una versión de EDGE denominada EDGE Compacto. Esta versión compacta ha sido diseñada solamente para datos. Un operador de D-AMPS puede escoger implementar EDGE compacto en su estructura existente de canales, o puede liberar algunas frecuencias con el fin de implementar EDGE Clásico.

Un gran beneficio que provee esa convergencia se obtendrá con el surgimiento de terminales capaces de soportar ambas versiones de EDGE. De esta forma será posible realizar roaming (por lo menos a nivel de datos) entre diferentes redes, no importando si estas son GSM o D-AMPS.

Una pregunta que puede surgir con respecto a la evolución de GSM hacia EDGE, es: “¿Por qué un operador debe implementar EDGE cuando los sistemas WCDMA están próximos a implementarse?”, la respuesta es diferente para cada operador, pero un punto válido consiste en una estrategia dirigida a ganar mercado antes de que sus rivales implementen soluciones con WCDMA, otra posible razón puede ser que los operadores implementen EDGE como una manera costo-eficiente de incrementar la capacidad de tráfico (datos) manejada por la red.

Sin embargo, la razón más evidente es el hecho que el concepto de redes de tercera generación como WCDMA no ha madurado, por lo que muchos operadores no están dispuestos a invertir en una tecnología de la cual no conocen sus resultados. Ellos prefieren esperar a que otros operadores prueben con estas nuevas tecnologías y luego de evaluar sus resultados tomarán la decisión de adoptarla o no. Mientras tanto pueden ofrecer una mejora de su sistema al implementar EDGE. En todo caso representa una importante inversión en la red y la sustitución de los MS.

10.2 Sistemas CDMA de 3G

Como mencionamos anteriormente, los sistemas CDMA de 3G se pueden implementar en tres modos diferentes, los cuales sirven para las diferentes necesidades del operador. Todos estos modos se encuentran en la misma familia de estándares CDMA de 3G, sin embargo es común encontrarlos como dos estándares separados: WCDMA y cdma2000.

10.2.1 Modos de CDMA para 3G

Inicialmente hubo numerosas sugerencias para CDMA durante la estandarización de 3G, pero las discusiones y armonización han conducido a un solo sistema con tres diferentes modos. Todos los sistemas están divididos en una parte de Radio y otra parte de Red Núcleo. Como resultado obtenemos tres interfaces de radio basadas en CDMA de Banda Ancha, conocida como WCDMA:

- **DS WCDMA** (llamado en Europa UMTS), el cual está concebido para trabajar en un nuevo espectro en la banda de los 2GHz, utiliza WCDMA de Secuencia Directa (Direct Sequence CDMA) en modo FDD (Frequency Division Duplex). Esta interfaz es la más adoptada en Europa para coexistir con las redes GSM/GPRS.
- **WCDMA en modo TDD**, este sistema también está concebido para utilizar nuevo espectro en la banda de los 2GHz. Este modo utiliza Duplexación por División de Tiempo (TDD-WCDMA, Time Division Duplex CDMA). Esta interfaz es ampliamente adoptada en Japón.
- **Cdma2000 con Multiportadora FDD**, el cual no requiere espectro adicional ya que opera en las mismas frecuencias que el sistema cdmaOne, esta tecnología es denominada como Superposición de Espectro, ya que opera en el mismo espectro que su sistema predecesor. Cdma2000 será la actualización común implementada por los operadores de cdmaOne.

10.2.2 Características comunes a todos los sistemas CDMA de 3G

Existen características comunes y características específicas de cada uno de los sistemas (modos) mencionados anteriormente, las características comunes no son innovaciones de 3G, mas bien son aquellas características inherentes a la tecnología CDMA:

Handover Suave: Asegura que un móvil se pueda mover entre Radio Bases sin ser interrumpido. La funcionalidad del handover se extiende con el concepto de diversidad. En otras palabras, un móvil puede estar conectado con varias celdas al mismo tiempo y estar recibiendo datos de cada una de ellas. De esta forma se puede obtener lo que se conoce como handover suave, el cual no es perceptible para el usuario.

Control de Admisión: Debido a que los usuarios cuentan con diferentes tipos de suscripciones y diferentes QoS, es importante para el sistema otorgar prioridades a los

usuarios cuando estos establecen conexiones. La función de Control de Admisión evaluará las solicitudes de nuevas conexiones y los cambios a las conexiones existentes. Si el sistema se encuentra completamente cargado, algunos usuarios podrían no ser admitidos, mientras que aquellos usuarios con alta prioridad pueden ser admitidos al reducir la velocidad de conexión de aquellos otros usuarios que actualmente se encuentran conectados. Este proceso se lleva a cabo de acuerdo a la calidad de servicio a la cual el usuario está suscrito.

Asignación de Códigos: en los sistemas como GSM, los usuarios son separados dentro de una celda utilizando diferentes rejillas de tiempo (Time Slots), tomando turnos a la hora de enviar. En CDMA, cada uno envía al mismo tiempo, y códigos diferentes separan a los usuarios. Estos códigos son escogidos de modo que la interferencia entre los diferentes usuarios y diferentes celdas sea mínima.

El caso óptimo se da si cada uno puede utilizar códigos ortogonales (códigos que no interfieren con los demás de ninguna forma).

Control de Potencia: En CDMA, el principal recurso es la potencia (energía), tanto de la Radio Base como del móvil. En otras palabras, al enviar más lejos e incrementar la tasa de bits, incrementa la potencia. El algoritmo de Control de Potencia se asegurará que cada usuario reciba los datos que le han sido enviados con suficiente potencia, además se encarga de controlar que los usuarios envíen información de modo que la información de cada uno de ellos llegue con la misma potencia a la Radio Base.

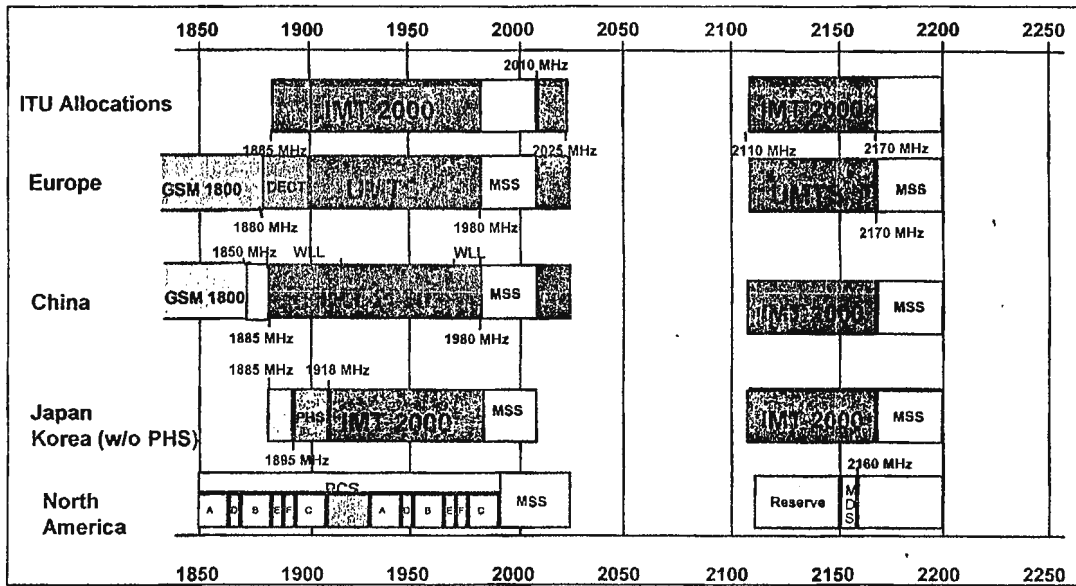
Hay que recordar que en CDMA todos envían y reciben al mismo tiempo, por lo que si alguien utilizara un megáfono, nadie más sería escuchado.

10.2.3 Características específicas de WCDMA

El estándar WCDMA es desarrollado por el Proyecto de Alianza para la Tercera Generación o 3GPP (3rd Generation Partnership Project) y se formula una nueva versión del estándar casi anualmente, debido a esto las formas de nombrar a estas versiones han sido: 3GPP versión '99 (que es el primer estándar para WCDMA), versión '00, y así sucesivamente. También es posible encontrar el uso de versión 3 y versión 4, los cuales son sinónimos de la versión '99 y la versión '00, además, esta es la forma como están numerados los documentos del estándar.

Como ya mencionamos anteriormente, WCDMA introduce una nueva interfaz de radio que necesita ser implementada en una nueva banda del espectro. Esto conlleva un gran problema, debido a que implica montar una infraestructura de acceso a la red completamente nueva, ya que no se pueden utilizar las estaciones bases existentes (sobre todo si estas utilizan TDMA).

La banda definida por el ITU para ser utilizada para la implementación de WCDMA corresponde a la de los 2GHz, donde el enlace de ascenso ocurre de los 1920-1980MHz, y para el enlace de descenso de 2110-2170MHz. Esta banda es mayormente descrita como la banda de 2GHz como se muestra a continuación:



Sin embargo, esta asignación del espectro radioeléctrico no fue concebida con el fin de desarrollar un sistema completamente global, esto lo podemos ver al examinar la correspondencia de la banda de ascenso (Uplink) para WCDMA (estandarizado por el ITU) y la distribución de esta misma banda en Norteamérica. Claramente nos damos cuenta que el ancho de banda del enlace de ascenso de UMTS (WCDMA) corresponde con el ancho de banda designado en Norteamérica para los Sistemas de Comunicación Personal o PCS (Personal Communication System), esto como es de esperar ha sido una de las principales causas (después de las económicas) que impiden que UMTS sea adoptado en Estados Unidos como el estándar definitivo para 3G.

Otro caso que se puede analizar acerca de la asignación del espectro para los sistemas de 3G por parte del ITU, es que este ha sido diseñado con el fin de permitir inicialmente la coexistencia de las nuevas redes 3G con las principales redes 2G existentes en Europa (Ej. GSM 900/1800, DECT).

La versión '99 del 3GPP describe la primera versión de WCDMA, esta versión ofrece tanto servicios orientados a conexión (por conmutación de circuitos) como servicios no orientados a conexión (por paquetes de datos). Para cada uno de estos servicios un número de tasa de bits está disponible para los canales. Para los canales de paquetes de datos, el sistema cambia entre estas diferentes tasas de bits sin que los usuarios se den cuenta, maximizando así la capacidad total del sistema.

Se puede calcular la tasa de bits para un canal al dividir la *tasa de chip* entre el *factor de dispersión*. El factor de dispersión determina que tan largo será el código a utilizar a la hora de dispersar los datos. La tasa de chip es específica para cada sistema que utiliza CDMA, e indica la tasa de bits enviada sobre el aire. Para WCDMA, la tasa de chip es de 3.84Mcps, o 3,840Kbps (Un bit sobre el aire es comúnmente llamado chip). Esto se muestra en la siguiente tabla.

Tasa de Chip (Mcps)	Factor de Dispersión	Tasa de bits del canal (Kbps)
3.84	128	30
3.84	64	60
3.84	32	120
3.84	16	240
3.84	8	480
3.84	4	960
3.84	2	1920

Un cambio significativo desde los sistemas de 2.5G como GPRS y su actualización a 3G es el soporte mejorado al QoS. Ahora el QoS no es solamente soportado en la red núcleo, sino también durante todo el camino hacia el usuario. La parte de la red núcleo es común para GPRS, EDGE y WCDMA. El perfil de QoS para una conexión es negociado en un contexto PDP (Packet Data Protocol, Protocolo de Paquetes de Datos), lo que ocurre usualmente cuando el móvil es encendido. Luego, tanto el móvil como la red conocen este perfil.

Cuando una conexión es requerida por el móvil, este perfil de QoS es utilizado para configurar los recursos que serán necesarios en la parte de radio y en la red núcleo. Con estas configuraciones tenemos disponible las siguientes clases de QoS:

Clase de Conversación (Conversational Class): Esta clase es ideal para aplicaciones en tiempo real, donde se necesita minimizar las demoras. El tráfico para este tipo de servicio es simétrico o muy cercano a serlo. Aquellas aplicaciones que necesiten que sus paquetes lleguen en una corriente, manteniendo la distancia entre sus paquetes constante, utilizarán esta clase.

Clase de Flujo (Streaming Class): Esta clase se enfoca en entregar los datos en un flujo fijo (en otras palabras, manteniendo constante la distancia entre los paquetes). El énfasis no es mucho la demora, ya que muchas aplicaciones de esta clase se espera que sean asimétricas, con menos interacciones que la clase de conversación. En aplicaciones típicas de flujo (como audio y video), la información puede comenzar a ser desplegada en el dispositivo del cliente incluso antes que todo el archivo haya sido recibido.

Clase Interactiva (Interactive Class): En esta clase, existe un intercambio constante de información entre el usuario y la red, pero no es una clase crítica respecto tiempo como la clase de conversación. Este intercambio puede ser una búsqueda regular de información con un navegador (browser), aplicaciones de chat, o aplicaciones basadas en la ubicación. Por lo general, el usuario solicita cierta información y el servidor en el lado de la red le responde con la información apropiada. Se espera que juegos de baja intensidad sean desarrollados en esta clase, ya que esta será mucho mas barata en comparación con la clase de conversación.

Clase de Fondo (Background Class): Para aquellas aplicaciones que no son nada críticas con respecto al tiempo, la clase de fondo es apropiada. Esta clase incluye tareas que corren en el fondo o quizás cuando el usuario no se encuentra utilizando activamente el dispositivo móvil. La demora puede ser de segundos o incluso minutos dependiendo de la

carga de la red, pero el costo es mucho menor que el de otras clases de QoS. Esta clase es apropiada cuando se necesita intercambiar grandes cantidades de datos, como cuando se necesita actualizar una versión de software.

Un resumen de estas clases de QoS se muestra a continuación:

Clases de QoS	Características	Aplicaciones Típicas
Clase de Conversación	- Demora baja. - Se mantiene la relación de tiempo entre los paquetes.	- Voz - Juegos de alta Intensidad
Clase de Flujo	- Se mantiene la relación de tiempo entre los paquetes.	- Aplicaciones Multimedia de flujo
Clase de Interactiva	- Se mantiene la integridad de los datos. Respuesta bajo solicitud.	- Navegación Web
Clase de Fondo	- Se mantiene la integridad de los datos. - Entrega con el mejor esfuerzo.	- Sincronización de fondo, descarga de actualizaciones de software.

Al definir un QoS se deben establecer los siguiente parámetros:

- **Clase de tráfico:** se escoge la clase de servicio a utilizar, ya sea de Conversación, de Flujo, Interactiva o de Fondo.
- **Tasa de bits Máxima (Kbps):** se utiliza para declarar el canal escogido, es utilizado para reservar cuanta capacidad el sistema tendrá que manejar para este usuario.
- **Tasa de bits Garantizada (Kbps):** se utiliza para garantizar la tasa de bits mínima que obtendrán las aplicaciones durante toda la sesión.
- **Demora de Transferencia (ms):** Especifica el máximo retraso para el 95% de los paquetes.

10.3 UMTS

10.3.1 Presentación General de UMTS

El Sistema Universal de Telecomunicación Móvil, UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) es el nombre dado por la comunidad Europea para su nuevo sistema móvil de tercera generación, el cual se espera que brinde soporte para multimedia, con un desempeño superior al ofrecido por los sistemas actuales GSM/GPRS.

La meta fijada para UMTS es la de poder manejar el enorme tráfico de telefonía móvil, a la vez que mejora las funciones de los sistemas actuales (servicios, movilidad...). La idea básica de UMTS es la de integrar todas las redes en los diversos países en una sola red, y asociar las capacidades multimedia a esta nueva red. Pero como ya se vió, esta es una idea que dista mucho de la realidad, no tanto por dificultades técnicas, sino por los diferentes intereses de las empresas involucradas alrededor del mundo.

Considerando lo anterior, cuatro puntos deben de considerarse para definir el estándar UMTS definitivo en el futuro:

- *El contexto mundial de estandarización:* cada continente (Estados Unidos, Japón y Europa) estudia su propio estándar para un sistema móvil de tercera generación (3G) y actualmente no se perfila en el futuro una unificación de criterios. Con esto en mente se debe procurar que el estándar europeo UMTS definitivo sea lo más cercano posible a sus contrapartes Japonesa y Norteamericana.
- *Manejar el concepto de Movilidad Multimedia Global (GMM, Global Multimedia Mobility):* el segundo objetivo para UMTS es un servicio de cobertura y movilidad universal, superando las limitaciones actuales debidas a la diversidad de sistemas existentes.

De esta forma, un solo terminal haría posible que un usuario se comunice en diferentes ambientes, lo cual por supuesto presupone nuevos terminales multimodo, utilizables en diferentes infraestructuras. En teoría esta idea suena agradable, sin embargo en la vida real esto no es tan sencillo de llevar a cabo, ya que involucra la elaboración de terminales mas complejos capaces de trabajar con dos o más tecnologías, es decir que en realidad se tendrían varios terminales en uno, lo que incrementaría considerablemente el precio de estos dispositivos.

Luego surge la pregunta: *¿Quién absorberá este incremento de precios en los terminales?*, se espera que existan acuerdos entre los fabricantes y los operadores, a fin de subsidiar estos dispositivos para hacerlos asequibles para el usuario. Para esto, los operadores tendrían que realizar una gran inversión inicial solo en terminales, esto sin considerar la inversión necesaria en la implementación de la red de acceso, ni la inversión ya realizada por muchos en la adquisición de las licencias para el uso del espectro, donde por ejemplo, para el caso de Alemania, se ha llegado a pagar la exorbitante suma de 9,000 millones de dólares por esta licencia, con el compromiso de tener funcionando la red en forma comercial para el 2003.

La aproximación adoptada por UMTS, basándose en el concepto GMM, consiste en un desarrollo inicial de su tecnología de acceso de radio conocida como UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) haciendo uso de ciertos elementos existentes de la estructura GSM/GPRS. Sin embargo muchos de estos elementos se utilizan a nivel de concepto, ya que en la vida real se hace necesario modificar el hardware de los diferentes dispositivos a fin de adaptarlos a los nuevos requerimientos de esta tecnología.

- *La introducción de servicios multimedia:* existen muchas incertidumbres acerca de los servicios multimedia y su mercado, por esto los desarrolladores de aplicaciones para

UMTS tienen la tarea de *convencer* al público de las ventajas que ofrecen las aplicaciones móviles. Se estima que los servicios UMTS serán utilizados en un inicio por unos pocos (capaces de costear estos servicios) y poco a poco se espera que su uso se extienda a los demás sectores de la población.

Actualmente los diferentes organismos involucrados, están dedicando una gran cantidad de recursos económicos, con el fin de crear en el público la falsa necesidad de servicios por medios móviles; campañas publicitarias completas se han montado con este fin. Todo esto resulta fácil de entender si consideramos que la gran mayoría de estas empresas involucradas ya invirtieron cantidades millonarias de dinero en este nuevo sistema, y no se pueden dar el lujo de que este no de los resultados por ellos esperados, aunque aun esto falta por verse.

10.3.2 Coexistencia de la red GSM/GPRS con la red UMTS

Con el fin de minimizar los costos, los operadores que decidan implementar UMTS pueden tomar en cuenta la inversión previamente realizada en las redes GSM/GPRS. El trabajo llevado a cabo por el 3GPP acerca de las arquitecturas futuras, descansa en la coexistencia de las redes GSM/GPRS con las redes UMTS. No es factible económicamente instalar una nueva red completa, por lo que en un inicio se comenzará brindando el servicio UMTS a unos pocos, mientras que el resto de la población accederá estos servicios haciendo uso de GPRS, esto se mantendrá de esta forma hasta que la infraestructura de la red UMTS, alcance a dar cobertura en todos los puntos de servicio de sus redes predecesoras GSM/GPRS.

Es muy probable que UMTS será instalada haciendo reuso de algunas de las entidades previamente instaladas para GSM/GPRS, a la vez que agrega nuevos elementos como el GLR (Gateway Location Registry), con el fin de facilitar la administración del roaming por ejemplo. Aun así se hace necesario una modificación de los nodos de las redes GPRS de modo que puedan soportar servicios IP dentro de UMTS. La idea consiste en combinar el SGSN y el GGSN (ambos pertenecientes a una red GPRS) en un nuevo nodo, el IGNS (Internet GPRS Support Node) para luego adaptarlo para manejar IP móvil, de esta forma una red estándar IP se puede convertir en una red núcleo UMTS.

De manera simplificada podemos dividir la red UMTS en dos componentes principales:

- **La Red Núcleo**, compuesta principalmente por elementos de redes predecesoras como GSM/GPRS.
- **La UTRAN**, que es la parte de la red encargada de establecer el acceso de los usuarios a la red UMTS.

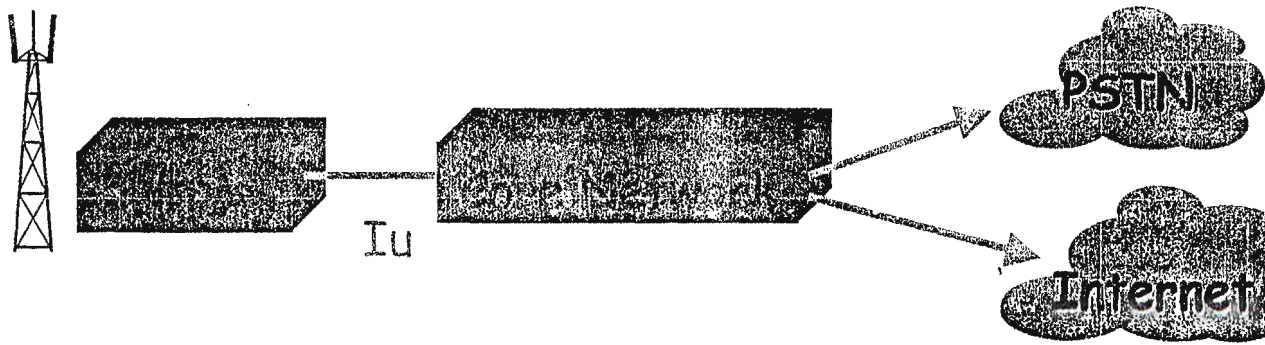


Figura. Estructura Simplificada del corazón de la red UMTS

La parte de radio de UMTS, la UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) estará interconectada con la red actual gracias al IWU (InterWorking Unit), por lo que los usuarios de UMTS serán capaces de acceder el mundo de Internet a través de los nodos de GPRS o del nuevo IGSN.

Un ejemplo de una interconexión típica se muestra a continuación:

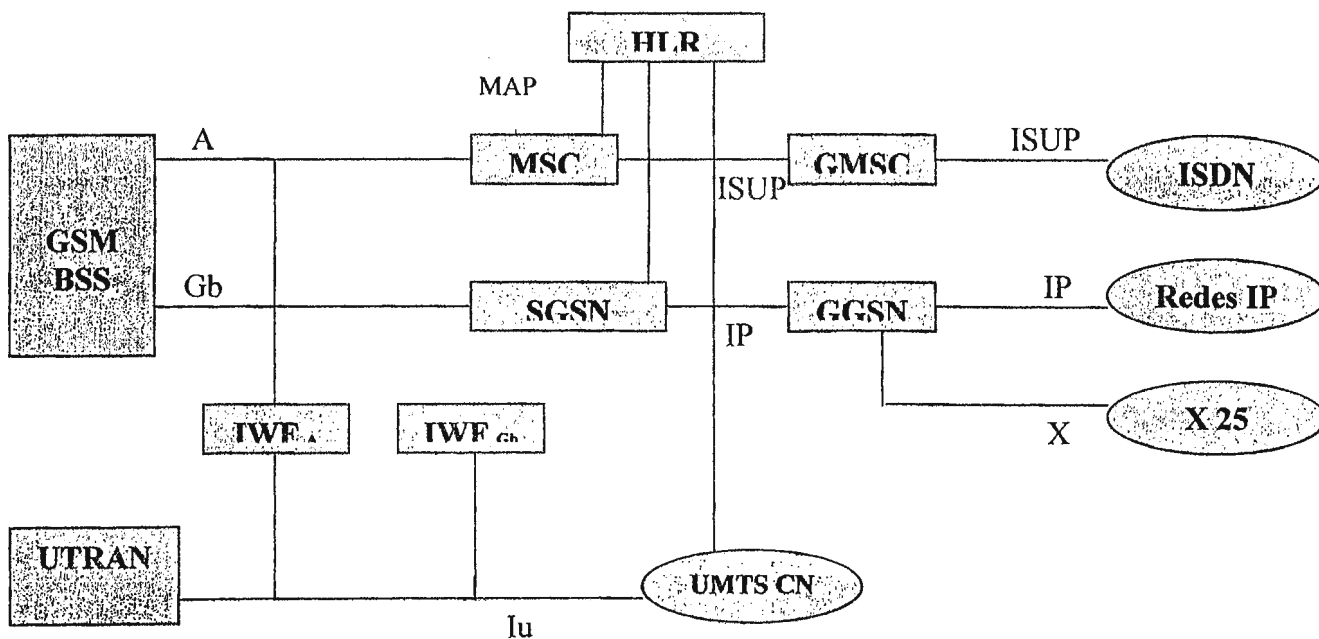


Figura. Interconexión GSM/GPRS - UMTS vía IWU

10.3.3 Arquitectura de la red de radio UTRAN

La Red Terrestre de Acceso de Radio UMTS o UTRAN es la encargada de manejar los recursos de radio concernientes con el sistema UMTS, las funciones realizadas por esta son:

- *Funciones relacionadas con el control de acceso al sistema:* control de admisión, control de congestión, información de difusión en el sistema, etc.
- *Funciones relacionadas con la seguridad:* El uso de identificadores temporales, codificación del canal de radio, descodificación del canal de radio, etc
- *Funciones relacionadas a los handover:* monitoreo del ambiente de radio, decisión de handover, control de handover, ejecución de handover, etc.
- *Funciones relacionadas con el control y administración de los recursos de radio:* reservación y liberación de los canales de radio, asignación de los canales físicos de radio, transferencia de paquetes de datos, codificación y decodificación de los canales de radio, etc.

La UTRAN es relativamente similar, en su configuración a la red de acceso GSM, sin embargo se caracteriza por sus funciones.

El diagrama siguiente presenta la arquitectura general de la UTRAN:

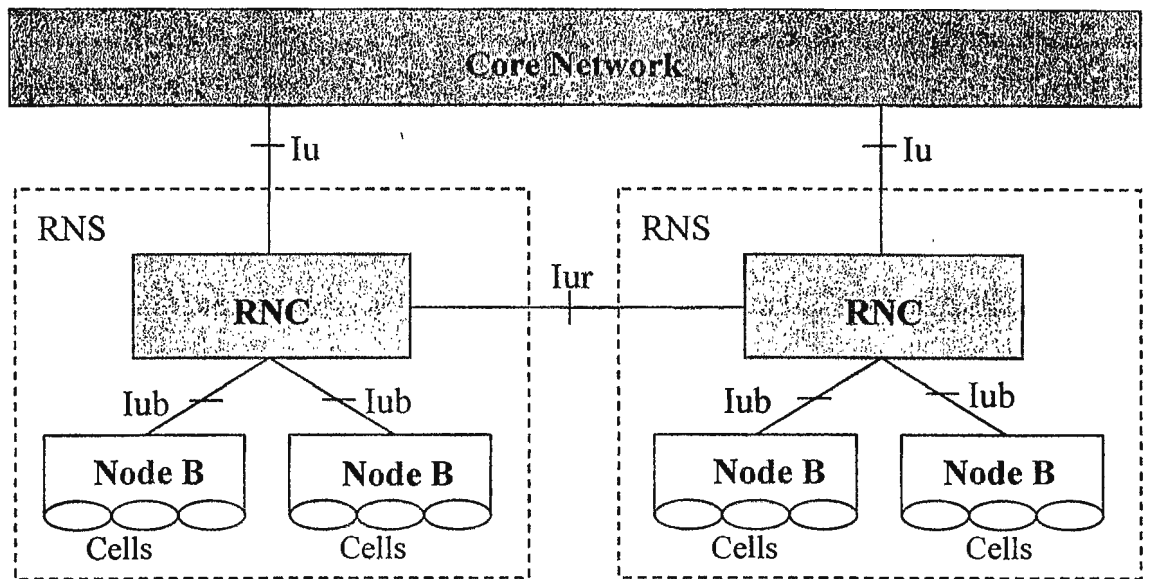


Figura. Arquitectura de la UTRAN

Esta red de radio consiste de Controladores de la Red de Radio o RNC (Radio Network Controller) y de Radio Bases o Nodo B, los cuales respectivamente juegan el papel de la BSC y BTS de una red GSM. El dispositivo terminal (móvil) se conecta con la red utilizando WCDMA.

10.3.4 Definición de los diferentes elementos de la UTRAN

RNS:

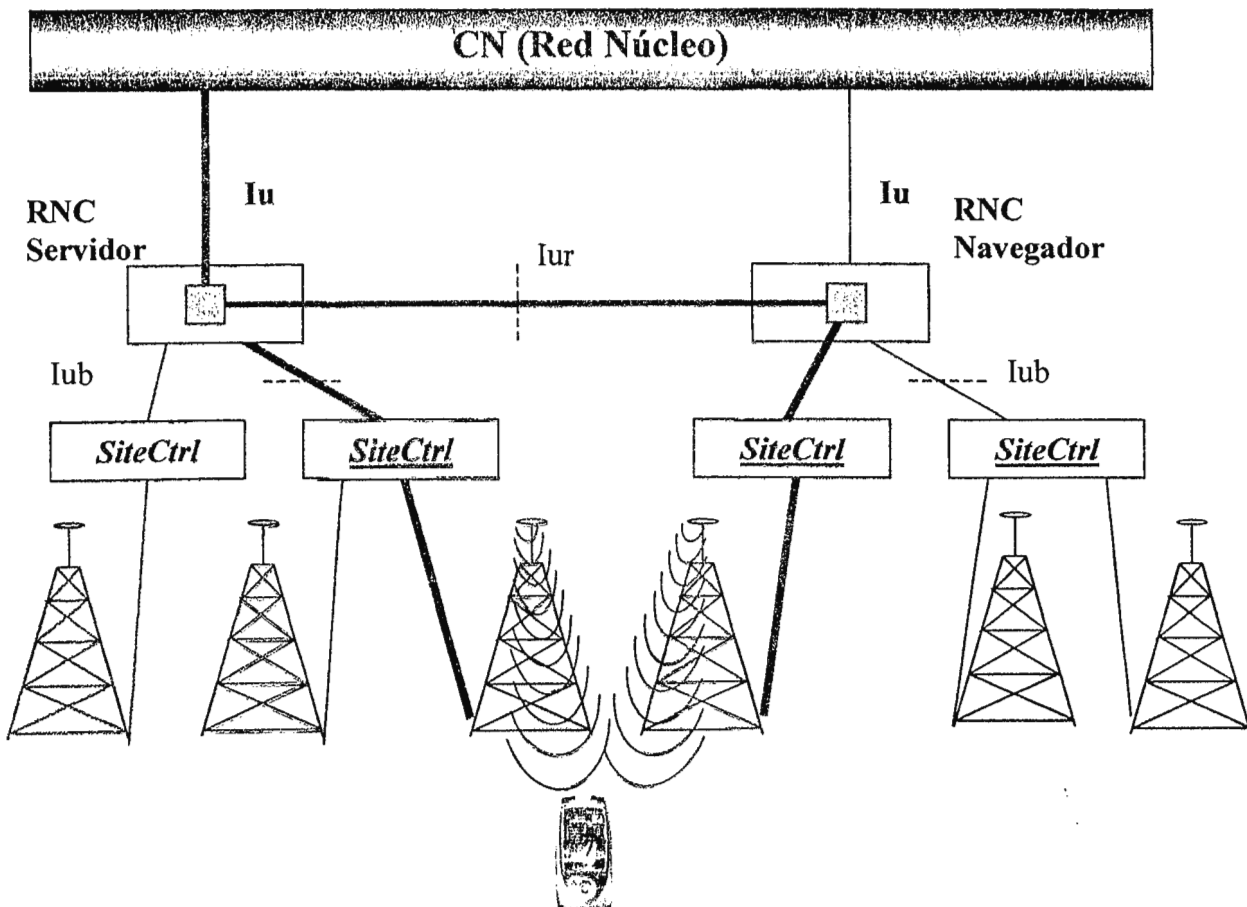
El Subsistema de la Red de Radio o RNS (Radio Network Subsystem) es la parte de la red de acceso UMTS encargada de ofrecer los permisos y denegaciones de acceso a los recursos de radio, con el fin de establecer una conexión entre el UE (User Equipment) y la UTRAN. Esta conformado por los RNC y los Nodo B.

El RNS es responsable de los recursos de radio involucrados en la transmisión / recepción dentro de cada unidad de celda suscrita a él. Se puede comparar con la BSS para el sistema GSM.

RNC:

El Controlador de la Red de Radio o RNC (Radio Network Controller) forma parte del Subsistema de Red de Radio o RNS (Radio Network Subsystem) y se encarga de controlar el uso e integridad de los recursos de radio

Con el fin de administrar los handover inter-RNC, se han introducido dos funciones de este (Servidor y Navegador), estas funciones se realizan de forma diferente para cada una de las comunicaciones establecidas a través de los RNC. En realidad un RNC puede ser Servidor para una comunicación y Navegador para otra. El siguiente diagrama muestra un móvil en la fase de macro diversidad, donde se observa que mantiene por lo menos dos radio enlaces activos, con dos diferentes Estaciones Base, se identifica cual RNC desempeña la función de Servidor y cual desempeña la función de Navegador:



RNC funcionando como Servidor: el RNC Servidor es el que se encarga de administrar las conexiones de radio con el móvil, controla y lleva a cabo el proceso de handover, es utilizado además como un punto de enlace con la red núcleo por medio de la interfaz de acceso a la red (Ej. interfaz Iub)

RNC funcionando como Navegador: En relación con el RNC Servidor, una de las funciones del RNC Navegador es la de administrar los recursos físicos de las Estaciones Base que dependen de él (Función de Control). El RNC Navegador puede llevar a cabo la recombinación de enlaces cuando dos o más radio enlaces son establecidos con las Estaciones Base manejadas por este (macro diversidad). Se encarga de enrutar los datos al RNC servidor en la dirección ascendente y hacia la Estación Base en la dirección descendente, para que luego esta información llegue al UE.

Celdas:

Una celda está definida por un CI (cell identity), el cual es difundido en el canal físico. En el vocabulario usado por el Grupo Especial Móvil (SMG) para UMTS, existe a veces confusión entre la definición Americana y la definición Europea con respecto al término de “celda” y “sector”, donde para los sistemas de segunda generación (2G), celda[Europa]=sector[US] y site [Europa]=celda[US]. Sin embargo, en un reporte formal del ETSI, el término “celda” es utilizado para definir el área geográfica hasta donde se extiende la cobertura de radio de una Radio Base, y el hecho que una celda está formada por uno o más sectores. Esta definición se alinea con el vocabulario Americano.

Nodo B:

Es un nodo lógico responsable de la transmisión y recepción por radio entre una o más celdas hacia el UE (User Equipment). Está conectado con el RNC a través de la interfaz Iub. El nodo B es equivalente a la Estación Base en GSM.

Sin embargo, no se puede utilizar el término Estación Base como definición del Nodo B, ya que una Estación Base se refiere a un lugar compartido para todos los equipos de radio que se encuentran en el mismo lugar y que sirven una o más celdas, y hasta ahora el Nodo B ha sido una entidad lógica, el cual puede ser distribuido entre varias entidades físicas como controladores de sitios, equipos de radio, equipos de transmisión, los cuales pueden no estar obligadamente co-localizados.

El nodo B consiste de una colección de equipos: Estaciones Bases y Controladores de Sitios, los cuales se encargan de administrar la primera capa de macro diversidad llamada “handover suave”. El nodo B también es responsable de la transmisión de radio: codificación, entrelazado, mediciones de calidad, multiplexado de los canales lógicos en los canales físicos, etc.

Las especificaciones del Nodo B se basan en su dueño, y como se muestra en la siguiente figura, puede estar compuesto por:

- a) Simplemente una Estación Base
- b) Por un controlador de sitio, del cual dependen las estaciones base

- c) Por un controlador de handover suave o SHC (Soft Handover Controller) manejando los controladores de sitios.

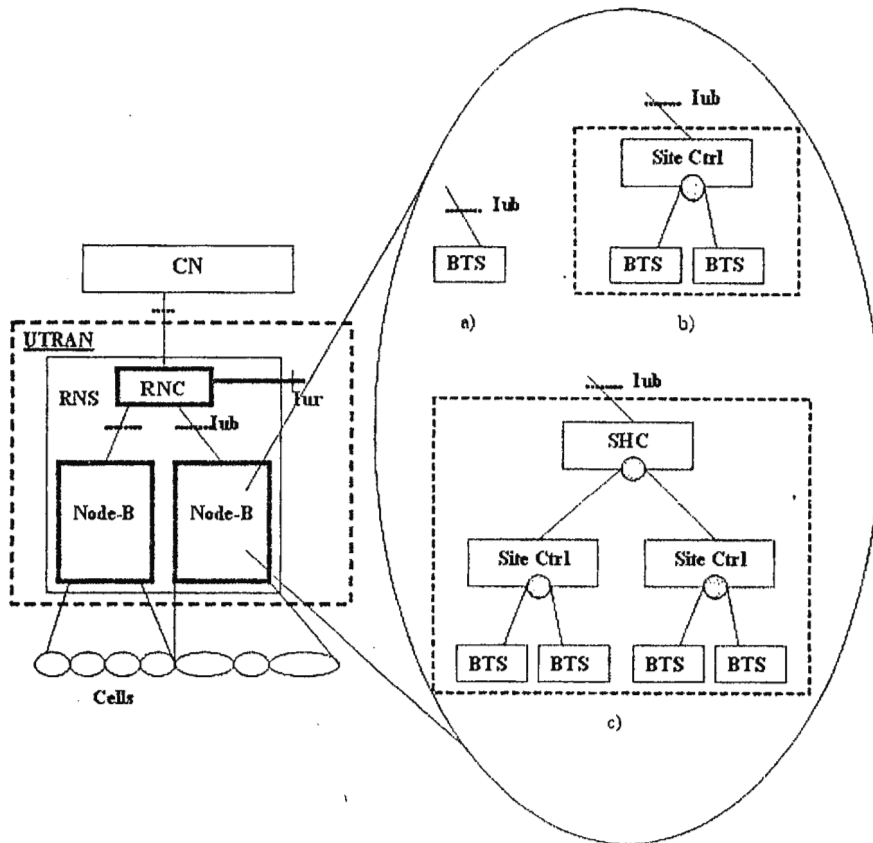


Figura. Configuraciones del Nodo B

10.3.5 Servicios de UMTS

Uno de los puntos más importantes que influirá en el éxito o no de esta nueva tecnología, será el grado de aceptación de los servicios y aplicaciones en los usuarios. Por esto muchas empresas ya han destinado recursos con el fin de desarrollar aplicaciones que atraigan la atención del público. Esto anterior va ligado a lo mencionado anteriormente de las campañas publicitarias destinadas a crear la falsa necesidad de servicios y aplicaciones en los usuarios.

Inicialmente los servicios de UMTS serán complementarios a los servicios de las redes GSM/GPRS. El sistema UMTS debe ser capaz de proveer el principal servicio y la razón de ser de los sistemas móviles de comunicación, nos referimos al servicio de telefonía vocal de alta calidad.

En la fase inicial del desarrollo de UMTS existirá mucha similitud entre los servicios ofrecidos por ésta y los servicios ofrecidos por GSM. Debido a que las redes GSM fueron concebidas inicialmente para la radio telefonía y luego para la transmisión de datos con GPRS, en un futuro no lejano se espera tener un gran número de aplicaciones multimedia que serán comparables a las

que actualmente tenemos gracias a Internet (Servicios como FTP o navegación en línea serán servicios usuales del sistema).

Debido a que UMTS está concebido para poder manejar aplicaciones basadas en IP, y a que los terminales incrementan su capacidad de procesamiento día a día las aplicaciones que se utilicen en el sistema dependerán en gran manera de los desarrolladores de las mismas, y de su capacidad para atraer usuarios. Esto sin embargo debe ser muy bien analizado luego del desplome que han sufrido las empresas *punto com* en Internet, las cuales no despertaron el suficiente interés entre los usuarios de Internet y no hay razón por la cual pensar que el Internet móvil pueda influir de manera considerable en despertar este interés.

Otra característica importante que debe ser explotada por los desarrolladores de aplicaciones radica en las nuevas capacidades de la USIM (UMTS SIM), la cual será capaz de almacenar mayores cantidades de información, permitiendo así la carga de aplicaciones y archivos de datos del usuario directamente a la tarjeta, lo que permitirá que estas aplicaciones funcionen de mejor manera.

La capacidad de la USIM es variable y dependerá del contrato obtenido con el operador, así un usuario que desee poder correr un mayor número de aplicaciones desde su terminal en lugar de correrlas desde Internet por ejemplo, tendrá que pagar más por una USIM de mayor capacidad.

A continuación mencionamos una lista no exhaustiva de servicios que se espera serán soportados por UMTS:

➤ **Servicios específicos al móvil (Soportados actualmente por GSM):**

1. Calidad de la voz mejorada
2. Correo Electrónico
3. Envío de Faxes
4. Mensajes Cortos (SMS)

➤ **Servicios Multimedia (principalmente de UMTS):**

1. Flujo promedio: < 1Mbps ej: consulta de páginas Web
2. Flujo Alto: aproximadamente 1Mbps ej: gráficos, video clips
3. Alta Interacción: aproximadamente 2Mbps ej: videoconferencia

Estos servicios permitirán muchas aplicaciones como:

➤ **Información**

1. Navegar por Internet
2. Compras Interactivas
3. Transacciones en línea
4. Búsqueda inteligente de información y posibilidad de clasificación de esta

➤ **Educación**

1. Escuela Virtual
2. Laboratorios de ciencia en línea
3. Librerías en línea

➤ **Entretenimiento**

1. Música bajo demanda
2. Juegos bajo demanda
3. Videos
4. Visitas virtuales (museos...)

➤ **Servicios Públicos**

1. Servicios de emergencia
2. Procesos Administrativos

➤ **Información Profesional**

1. Oficina Móvil
2. Canales de TV profesionales (CNN...)
3. Grupos de trabajo virtuales

➤ **Servicios de Comunicación (Comunicación Personal)**

1. Visiéfono
2. Videoconferencia
3. Localización de personas

➤ **Servicios Financieros**

1. Banca virtual
2. Transacciones financieras virtuales
3. Nueva tarjeta Universal / Personal SIM y tarjeta de crédito

10.3.6 Síntesis

Como se pudo observar en el apartado anterior la cantidad de servicios e innovaciones que se espera ofrecerán los sistemas de 3G despertará una enorme expectativa entre los consumidores de los servicios de comunicación móvil. Sin embargo, podemos cuestionar la naturaleza de esta expectativa que podría estar siendo malinterpretada por una falsa idea de necesidad creada en los usuarios. En efecto, es válido interrogarse acerca de que tan real es la necesidad que nosotros tenemos en cuanto a la búsqueda de estos nuevos servicios que no son más que un posible reflejo de una promoción planificada por los mismos operadores.

En efecto, todo el desarrollo de software y aplicaciones de multimedia enfocados al mercado de la telefonía móvil es producto del mismo proceso de recuperación de inversión que siguen los distintos operadores en su carrera hacia la Tercera Generación. Crear una necesidad de consumo en los usuarios por servicios cada vez más complejos y atractivos es una forma de mantenerse en el mercado.

Sin embargo, no todos los usuarios tienen el mismo poder de adquisición. Por esta razón, la oferta de dichos servicios será enfocada en un inicio a unos pocos y posteriormente según como se profile se irá extendiendo hacia los demás.

¿Pero que tan atrayente podría resultar un amalgama de aplicaciones de datos a través de los medios inalámbricos como los que se conocen hoy en día en las redes fijas? Si bien es cierto que la idea pareciera atrayente, la calidad de los servicios está definida en gran parte por la calidad y confiabilidad de los medios de transmisión y es de todos el conocimiento que las características de propagación de las señales no son del todo predecibles. Por esto, querer llegar a ofrecer los mismos servicios, con la misma calidad que en una red fija, representa un mayor desafío para los operadores. De manera similar, nos damos cuenta que no todas las aplicaciones de servicios de datos tienen los resultados deseados en las redes fijas. Esto lleva a preguntarse ¿Qué es lo que hace pensar que en la comunicación inalámbrica sí va a funcionar?

Factores como estos son los que no permiten una total integración de los servicios de voz y datos. Realmente, no se podría hablar todavía de una integración, mas bien de una convergencia de múltiples servicios que llegan a un terminal donde el tratamiento de la información de datos y de voz se hace por separado.

Sin embargo, hay que permanecer optimistas en cuanto a lo que la evolución de la tecnología celular podría ofrecernos en un futuro. Quedará a juicio de las empresas de las diferentes redes inalámbricas dejar sus intereses económicos de lado y comenzar a trabajar realmente en un mutuo acuerdo de estándares en lo que a telefonía celular concierne.

BIBLIOGRAFIA

1. **The GSM System for Mobile Communications**
Michel MOULY. Marie-Bernadette PAULET. Telecom Publishing 1992
2. **Principles and Applications of GSM**
Vijay K. Garg. Joseph E. Wilkes. Prentice Hall 1999
3. **GSM Made Simple**
George Lamb. Yani Batteau. Cordero Consulting. 1997
4. **GSM System Survey**
ERICSSON 1998
5. **What are GSM and DCS**
C. Dechaux and R Scheller. Electrical Communications. 1993
6. **Data in the GSM Cellular Network.**
D. M. Balston. Artech House. Boston. 1993
7. **IEEE Personal Communications**
Seshadri Mohan. Ravi Jain. 1994
8. **Overview of the Global System for Mobile Communications**
John Scourias. jscourias@www.shoshin.uwaterloo.ca
9. **A brief Overview of the GSM Radio Interface**
Thierry Turlletti. Telemedia Networks and System Group. turlletti@lcs.mit.edu
10. **Telecommunication Transmission Systems**
Robert G. Winch. McGraw-Hill. 1993

GLOSARIO

3G	3ª Generación.
3GPP	Third Generation Partnership Project.

A

A3	Algoritmo de autenticación utilizado para calcular el SRES.
A5	Algoritmo utilizado en el proceso de codificación / decodificación.
A8	Algoritmo utilizado para calcular el Kc.
AAL	ATM Adaptation Layer.
ACCH	Associated Control CHannel.
ADN	Abbreviated Dialling Number.
AGCH	Access Grant CHannel.
ANSI	American National Standardisation Institute.
AIS	Alarm Indication Signal.
AMPS	Advanced Mobile Telephone System.
API	Application Programming Interface.
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number.
AS	Access Stratum.
ARQ	Automatic Repeat Request.
ATM	Asynchronous Transfer Mode.
AUC	Authentication Center.

B

BCH	Broadcast CHannel.
BCCH	Broadcast Control CHannel.
BCF	Base Common Function.
BER	Bit Error Rate.
BERT	Bit Error Rate Test.
BG	Border Gateways.
BIC	Baseline Implementation Capability.
BS	Base Station.
BSC	Base Station Controller.
BSIC	Base Station Identifier Code.
BSS	Base Station Subsystem.
BSSAP	BSS Application Part.
BSSAP+	BSS Application Part +.
BSSGP	BSS GPRS Protocol.
BSSMAP	BSS Management Application Part.
BSSOMAP	BSS Operation & Maintenance Application Part.

BTS Base Transceiver Station.
BTSM BTS Management.

C

CBCH Cell Broadcast CHannel.
CC Call Control.
CC Country Code.
CCCH Common Control CHannel.
CCPCH Common Control Physical CHannel.
CCS7 Common Channel Signalling System 7.
CCU Channel Codec Unit.
CDMA Code Division Multiple Access.
CF Call Forwarding.
CI Cell Identity.
CIR Carrier to Interference Ratio.
CM Connection Management.
CRC Cyclic Redundancy Check.
CS Circuit Switching.
CW Call Waiting.

D

D-AMPS Dual mode AMPS.
DB Dummy Burst.
DCA Dynamic Channel Allocation.
DCCH Dedicated Control CHannel.
DCH Dedicated CHannel.
DCS 1800 Digital Cellular System 1800.
DC-SAP Dedicated Control Service Access Point.
DECT Digital Enhanced Cordless Telecommunications.
DL Downlink.
DLCI Data Link Connection Identification.
DLPC Downlink Power Control.
DLS Domain Location Service.
DPCCH Dedicated Physical Control CHannel.
DPCH Dedicated Physical CHannel.
DPCCH Dedicated Physical Control CHannel.
DPDCH Dedicated Physical Data CHannel.
DRNC Drift Radio Network Controller.
DRX Discontinuous Reception.
DS-CDMA Direct Sequence - Code Division Multiple Access.
DSCH Downlink Shared CHannel.
DTAP Direct Transfer Application Part.
DTCH Dedicated Traffic CHannel.

DTM F Dual Tone Multiple Frequency.
DTX Discontinuous Transmission.

E

EDGE Enhanced Data rates for the GSM Evolution.
EFR Enhanced Full speech Rate.
E-GSM Extended GSM.
EIR Equipment Identity Register.
EMC Electromagnetic Compatibility.
ETSI European Telecommunications Standards Institute.

F

FACCH Fast Associated Control CHannel.
FACH Forward Access CHannel.
FAS Frequency Alignment Signal.
FB Frequency Correction Burst.
FCCH Frequency Correction CHannel.
FDD Frequency Division Duplex.
FDM Frequency Division Multiplexing.
FDMA Frequency Division Multiple Access.
FEC Forward Error Connection.
FER Frame Error Rate.
FH Frequency Hopping.
FN Frame Number.

G

GFC Generic Flow Control.
GGSN Gateway GPRS Support Node.
GLR Gateway Location Register.
GMN GPRS Mobility, Management.
GMSC Gateway, MSC.
GMSK Gaussian Minimum Shift Keying.
GPRS General Packet Radio Service.
GPS Global Positioning System.
GSM Global System for Mobile communications.
GSMS GPRS Short Message Service.
GTP GPRS Tunnel Protocol.

H

HDLC	High Level Data Link Control.
HDSL	High-speed Digital Subscriber Line.
HLR	Home Location Register.
HPLMN	Home PLMN.
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data.
HSN	Hopping Sequence Number.

I

IETF	Internet Engineering Task Force.
IGSN	Internet GPRS Support Node.
IMEI	International Mobile Equipment Identity.
IMSI	International Mobile Subscriber Identity.
IMT 2000	International Mobile Telecommunications 2000.
IMUI	International Mobile User Identity.
IN	Intelligent Network.
INAP	Intelligent Network Application Part.
IP	Internet Protocol.
IS95	Intermediate Standard 95.
ISO	International Standard Organization.
ISDN	Integrated Services Digital Network.
ISUP	ISDN User Part.
ITU-R/T	International Telecommunication Union Radio/Telecommunication.
IWF	Inter Working Function.
IWU	Inter Working Unit.

K

Ki/Kc	Llaves de autenticación y cifrado.
--------------	------------------------------------

L

L2ML	Layer 2 Management Link.
LA	Location Area.
LAC	Location Area Code.
LAI	Location Area Identification.
LAN	Local Area Network.
LAPD	Link Access Protocol on the D channel.
LAPDM	Link Access Protocol on the DM channel.
LLC	Logical Link Control.
LPC	Linear Predictive Coder.

LR Location Register.
LTP Long term Prediction.

M

MAC Medium Access Control.
MAN Metropolitan Area Network.
MAP Mobile Application Part.
MCC Mobile Country Code.
ME Mobile Equipment.
MExE Mobile Station (Application) Execution Environment.
MM Mobility Management.
MNC Mobile Network Code.
MPTY MultiParTY.
MS Mobile Station.
MSC Mobile-services Switching Center.
MSIN Mobile Subscriber Identification Number.
MSISDN Mobile Station ISDN Number.
MSK Minimum Shift Keying.
MSP Mobile Switching Point.
MSRN Mobile Station Roaming Number.
MT Mobile Termination.
MTP Message Transfer Part.

N

NB Normal Burst.
NCC Network (PLMN) Color Code.
NDC National Destination Code.
NMC Network Management Center.
NMT Nordic Mobile Telephone Network.
NO Network Operator.
NRT Non Real Time.
NSO National Standards Organization.
NSS Network Sub-System.

O

O&M Operation & Management.
O&M Operation & Maintenance.
OMC Operation and Maintenance Center.
OML Operating and Maintenance Link.
OSI Open System Interconnection.

OSS Operation Support System.
OVSF Orthogonal Variable Spreading Factor.

P

PABX Private Automatic Branch exchange.
PACCH Packet Associated Control CHannel.
PAGCH Packet Access Grant CHannel.
PBCCH Packet Broadcast Control CHannel.
PC Power Control.
PCH Paging CHannel.
PCM Pulse Coded Modulation .
PCN Personal Communication Network.
PCS Personal Communication System.
PCU Packet Control Unit.
PDCH Packet Data CHannel.
PDP Packet Data Protocol.
PDTCH Packet Data Transfer CHannel.
PDU Protocol Data Unit.
PIN Personal Identity Number.
PLMN Public Land Mobile Network.
POTS Plain Old Telephony Service.
PPCH Packet Paging Access CHannel.
PRACH Packet Random Access CHannel.
PS Packet Switching.
PSCCH Physical Shared Control CHannel.
PSDCH Physical Shared Downlink CHannel.
PSPDN Packet Switched Public Data Network.
PSTN Public Switched Telephone Network.
PTCCH Packet Timing Control CHannel.
PTM-G Point-To-Multipoint Group.
PTM-M Point-To-Multipoint Multicast.
P-TMSI Packet Temporary Mobile Subscriber Identity.
PTP Point-To-Point.

Q

QoS Quality of Service.

R

RA Routing Area.
RACH Random Access CHannel.

RF	Radio Frequency.
RFI	Request For Information.
RFN	Reduced Frame Number.
RLC	Radio Link Control.
RNC	Radio Network Controller.
RNS	Radio Network Subsystem.
RNSAP	Radio Network Subsystem Application Part.
RR	Radio Ressource Management.
RRC	Radio Resource Control.
RSL	Radio Signaling Link.
RXLEV	Received Signal Level.
RXQUAL	Received Signal Quality.

S

SACCH	Slow Associated Control CHannel.
SAPI	Service Access Point Identifier.
SAT	SIM (Application) Toolkit.
SB	Synchronisation Burst.
SC	Service Center.
SC	Switching Circuits.
SCCP	Signaling Connection Control Part.
SCH	Synchronisation CHannel.
SCP	Service Control Point.
SDCCH	Stand Alone Dedicated Control CHannel.
SDU	Service Data Unit.
SF	Spreading Factor.
SFH	Slow Frequency Hopping.
SGSN	Serving GPRS Support Node.
SHC	Soft Handover Controller.
SIM	Subscriber Identity Module.
SM	Session Management.
SM-CP	Short Message Control Protocol.
SMG	Special Group Mobile.
SM-RP	Short Message Relay Protocol.
SMS	Short Message Service.
SN	Subscriber Number.
SP	Signaling Point.
SRES	Signed Response.
SRNC	Serving RNC.
SRNS	Serving Radio Network Subsystem.
SS7	Signaling System number 7.
SSP	Service Switching Point.
STP	Signaling Transfer Point.

T

TA	Timing Advance.
TACS	Total Access Communication System.
TCH	Traffic CHannel.
TCP	Transport Control Protocol.
TD-CDMA	Time Division CDMA.
TDD	Time Division Duplex.
TDM	Time Division Multiplexing.
TDMA	Time Division Multiple Access.
TE	Terminal Equipment.
TEI	Terminal Equipment Identity.
TMN	Telecommunications Management Network.
TMSI	Temporary Mobile Station Identity.
TRAU	Transcoder Rate Adaptor Unit.

U

UDP	User Datagram Protocol.
UE	User Equipment.
UL	Uplink.
ULPC	Uplink Power Control.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System.
USIM	User Service Identity Module
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access.
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network.

V

VC	Virtual Circuit.
VLR	Visitor Location Register.
VMSC	Visited MSC.
VPLMN	Visited PLMN.

W

WAN	Wide Area Network.
WAP	Wireless Application Protocol.
W-CDMA	Wideband-CDMA
WTP	Wireless Transaction Protocol.