

## HISTORIA DEL GSM

La historia la podemos situar cuando en 1982 la Conferencia de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) tomo dos decisiones.

La primera fue, establecer un equipo con el nombre de -Groupe Special Mobile- de aqui viene la abreviatura GSM, que desarrollaria un conjunto de estandares para una futura red celular de comunicaciones moviles de ambito pan-europeo.

La segunda fue recomendar la reserva de dos subbandas de frecuencias proximas a 900 Mhz para este sistema. Estas decisiones fueron tomadas para tratar de solventar los problemas que habian creado el desarrollo descoordinado de sistemas moviles celulares individualmente en los diferentes paises de la CEPT y que eran incompatibles.

Dos de estos problemas eran, el no poder disponer de un mismo terminal al pasar de un pais al otro y el otro el no disponer de un mercado propio suficientemente extenso que dificulta una industria europea de sistemas moviles competitiva a nivel mundial.

En 1984 empieza a surgir otro factor adicional, los sistemas celulares de la primera generacion, y en particular en los paises del norte de Europa, experimentan una aceptacion y penetracion en el mercado extraordinariamente superior a la prevista.

En 1986 las cifras indicaban la saturacion de la capacidad de estos sistemas para principio de la decada de los 90. Ante esto surgio la tentacion de utilizar parte de las subbandas de frecuencias destinadas al GSM como ampliacion de las usadas por los sistemas moviles celulares de primera generacion.

En consecuencia la Comision de las Comunidades Europeas emitio una Directiva en la que reservaban dos subbandas de frecuencias en la banda de 900 Mhz, para el sistema pan-europeo, que empezaria a funcionar en 1991, pero mas pequenas que las recomendadas por la CEPT. Asimismo contemplaba que las frecuencias en estas sub-bandas que estuvieran siendo utilizadas por sistemas moviles celulares de la primera generacion (analogicos), deberian abandonarlas en los proximos diez años (o sea hasta el 2001) que es la vida que les queda a los TMA.

Mientras tanto los miembros del GSM realizaban excelentes progresos en el desarrollo y acuerdo de estandares.

Se adopto la decision de que el sistema seria digital, en lugar de analogico lo que redundaria en mejorar la eficiencia espectral, mejor calidad de transmision, posibilidades de nuevos servicios y otras mejoras como la seguridad.

Tambien permitiria la utilizacion de tecnologia VLSI, pudiendo fabricar terminales moviles mas pequenos y baratos, y en definitiva el uso de un sistema digital complementaria el desarrollo de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) con la que GSM debiera tener un interface.

Se siguieron haciendo progresos y el 7 de septiembre de 1987 trece, operadores de red europeos formaron un MoU (Memorandum of Understanding) para continuar con el proyecto y lanzarlo el 1 de julio de 1991. Esto fue seguido con la invitacion simultanea hecha el 29 de febrero de 1988 a todos los operadores de red involucrados en el sistema.

Pronto se dieron cuenta de que habia mas problemas de los previstos. Por lo que se acordo que se efectuaría el desarrollo de la especificacion en dos fases. Ademas la implantacion en terminos geograficos se vislumbro que debia realizarse en fases, empezando por ciudades importantes y aeropuertos y se seguiria con autopistas, calculando que se tardarian años en lograr un servicio completo a todo Europa.

En 1988 se inicio una intensa actividad en pruebas de validacion particularmente en relacion con el interface radioelectrico. Como resultado se ajustaron ligeramente las especificaciones GSM y se pudo comprobar que el sistema funcionaria.

## GSM.TXT

No se alcanzó la fecha acordada de 1 de julio de 1991 para el lanzamiento comercial del sistema GSM. A ello contribuyeron el retraso del desarrollo y acuerdo de pruebas de certificación, la necesidad de modificar algunas especificaciones GSM ya que la complejidad técnica del desarrollo de terminales portátiles se tardó en resolver más de lo previsto. Fue en junio de 1992 cuando aparecieron los portátiles de mano.

El servicio comercial del sistema GSM llegó en 1992, si bien el tamaño de las áreas de cobertura y el número de usuarios era bastante dispar. Las redes que estaban funcionando se basaban en las especificaciones de la fase 1 y no todos los servicios contemplados en la fase 1 estaban disponibles.

A finales de 1993 el número de operadores que habían firmado el MoU había aumentado de trece a cuarenta y cinco, entre los que estaban la mayor parte del mundo excepto América del Norte y Japón. Treinta redes GSM estaban en servicio con cerca de un millón de abonados en todo el mundo.

A finales del 1994 el número de miembros del MoU había crecido a 102 operadores de red y Administraciones reguladoras de Telecomunicaciones de 60 países.

El mercado de redes y equipamientos GSM se ha extendido más allá de las fronteras de Europa occidental. Europa del Este, la Commonwealth, Oriente, Asia, África y Oceanía son áreas donde existen sistemas GSM operativos. Actualmente la mayor parte de los firmantes del MoU no pertenecen a países europeos. Esta amplitud del mercado es la razón por la que las siglas GSM han tomado otra acepción -Global System for Mobile communications- que es diferente de la original de 1982.

## INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MOVILES

La utilización de las ondas radioeléctricas se reveló desde hace mucho tiempo como el único medio eficaz de establecer comunicaciones con puntos móviles, y lo seguirá siendo durante mucho tiempo, ya que las ondas de radio gozan de la propiedad de salvar obstáculos, y el resto de las interacciones conocidas por la física actual no pueden propagarse a grandes distancias. Desgraciadamente el espectro radioeléctrico es un recurso limitado cuya utilización racional solo ha sido posible mediante reglamentación muy estricta que permite la optimización de la asignación de frecuencias.

Los primeros sistemas diseñados en los años 20 para uso de la policía en EE.UU asignaban a cada vehículo un canal de radio permanente que quedaba totalmente inactivo durante los silencios del vehículo correspondiente.

Tal despilfarro de recursos fue posible porque la única ocupación del espectro, en aquellos tiempos era la que hacían las emisoras de radiodifusión. En los años 60, con la proliferación de las cadenas de radio, televisión, el uso cada vez más frecuente de los enlaces de microondas, los enlaces de satélite etc. la ocupación del espectro preocupaba ya de tal manera, que la telefonía móvil se vio obligada a evolucionar hacia sistemas basados fundamentalmente en un aprovechamiento mejor del espectro disponible. El primer avance significativo fue la introducción del trunking automático. El sistema trunking consiste en la asignación de un canal libre existente dentro de un conjunto de canales disponibles, y que se mantiene solamente durante el tiempo que el canal está siendo utilizado en la conversación, pasando al estado de disponible para otro usuario cuando haya terminado la conversación que se desarrollaba a través de él. De este modo el número de canales que hay que instalar y que ocuparan el espectro se reduce notablemente.

Cuando el sistema gana inteligencia y la asignación de canal se realiza de manera automática, sin la intervención de un operador humano, nos encontramos con el trunking automático. El paso siguiente en el aprovechamiento del espectro radioeléctrico es el concepto celular, propuesto por la "Bell South" a principios de los años setenta.

## LA REUTILIZACION DE FRECUENCIAS

La idea fundamental en que se basan los sistemas móviles celulares es la reutilización de los canales mediante la división del terreno en celdas continuas que se iluminan desde una estación base con unos determinados canales.

La reutilización de frecuencias no es posible en células continuas, pero sí en otras más alejadas. El número de veces que un canal puede ser reutilizado es mayor cuanto más pequeñas sean las células. La red celular se compone así de un conjunto de estaciones base desplegadas por el territorio a cubrir por el servicio y que están conectadas entre sí o con centro de conmutación con acceso a la red telefónica pública, a la RDSI o a otra red celular móvil.

La estación base que recibe al móvil con un mayor nivel de potencia es la que queda asignada al mismo. Si por la movilidad del terminal, otra estación base recibe la señal procedente de la estación móvil con un nivel de potencia superior a 3 decibelios al que está recibiendo la estación que lo está controlando se produce la conmutación del canal y de la estación base a la que está conectada el terminal móvil. Este procedimiento se llama "Handover" DE POTENCIA.

Asimismo existe un handover de calidad que se realiza de manera similar al anterior pero que en vez de considerar el nivel de señal para decidir sobre la conmutación de la estación base a la que está conectado un terminal móvil considera la calidad de la señal radioeléctrica.

#### EL SISTEMA DE CELDAS

Existe una profusa literatura que dice que las celdas de estos sistemas son exágonos puros regulares, formando retículas que se agregan unas a otras sin limitación.

La realidad es otra, el objetivo de un sistema celular es reutilizar canales, pero al estar estos canales asociados a estaciones base, lo que se hace es repetir estaciones base. Se dice que una estación se repite cuando tiene la misma tabla de frecuencias que otra determinada.

Interesa determinar cuántas estaciones como mínimo se necesitan para cubrir una superficie determinada. Pues bien, con tres tipos de estaciones base se puede conseguir ese objetivo sin que queden enfrentadas dos estaciones del mismo tipo, es decir que tengan un mismo grupo de frecuencias.

En condiciones teóricas de terreno llano, las estaciones formarían retículos formando triángulos equiláteros, no obstante la teoría sobre celdas perfectamente exagonales no se da en la realidad. Las bases se despliegan de forma irregular según el terreno, buscando un mínimo de zonas de sombra. El problema de la red está, en determinar la ubicación idónea de las estaciones base para conseguir una mayor cobertura y minimizar las zonas de sombra.

Lo habitual de las estaciones base es que tengan un diagrama de radiación omnidireccional, es decir, que transmitan en todas las direcciones con la misma potencia y frecuencias. Si bien y para el mejor aprovechamiento del espectro y de la potencia radiada por las antenas, se puede sectorizar la radiación concentrando la potencia hacia un determinado sector. Se trata así de aprovechar la potencia enviada al móvil, dado que este solo puede estar en un lugar determinado y la potencia enviada en otras direcciones se perdería inútilmente.

Con este sistema se obtiene un más eficiente uso del espectro en zonas de alta densidad de equipos móviles.

En este caso la idea es que cada base alimente a tres antenas que radian cada una para un determinado sector en principio de 120°. Este es el caso más común de sectorización, si bien se utilizan además, otras configuraciones.

El diagrama de radiación de estas antenas no será uniforme siendo más intensa en la bisectriz del sector y disminuyendo en los extremos.

## GSM.TXT

En la practia en zonas muy congestionadas por la demanda de comunicaciones moviles los sectores de 120° no son operativos. Normalmente se instalan seis antenas en cada estacion base que suponen seis sectores de 60° cada uno en cuyo centro esta la estacion base de modo que si un movil sale de un sector y entra en otro que pertenece a la misma estacion no se produce -handover- concebido este como cambio de la estacion base a la que esta conectado un equipo movil, sino que cambia de asignacion de antena.

### NOVEDADES INTRODUCIDAS

El sistema GSM permite la conexion con la red conmutada (Telefonica) y con la RDSI (Red de servicios integrados) y permite ofrecer al usuario telefonia, transmision de datos (hasta 96.000 bit/s) facsimil del grupo III conexion a sistemas de correo electronico (X-400) y envio de mensajes cortos (alfanumericos) que permite tanto su envio como su recepcion desde un terminal movil, leyendolos en este ultimo caso en el visor correspondiente.

Soporta igualmente otras prestaciones adicionales, como son, desvia de llamada, restricciones de llamadas entrantes o salientes, conferencias a tres, llamada en espera y otras mas.

El terminal a su vez, ofrece prestaciones adicionales como marcacion abreviada, repeticion del ultimo numero marcado, bloqueo del terminal etc.

El tema de la seguridad ofrece en este servicio novedades importantes respecto a los actuales (TMA), el uso de tarjeta de usuario para la autentificacion de la validez de la llamada; encriptado, que facilita una confidencialidad total (voz, datos e identidad del abonado) e imposibilidad de utilizacion de equipos robados mediante la asignacion previa de un numero de serie a cada estacion movil.

En su componente radio se utiliza la banda de frecuencias de 900 Mhz con el metodo TDMA (Acceso por multiplexacion en el tiempo), que proporciona ocho canales telefonicos en una misma portadora y una codificacion de voz a 13 Kbps, destinandose un octavo de tiempo a cada canal. Esta prevista para un futuro una codificacion de voz a velocidad mitad, lo que permitiria la utilizacion de 16 canales por portadora.

### ESTRUCTURA DEL GSM

En lo que se refiere a la estructura basica del GSM el sistema se organiza como una red de celulas radioelectricas continuas que proporcionan cobertura completa al area de servicio. Cada celula pertenece a una estacion base (BTS) que opera en un conjunto de canales de radio diferentes a los usados en las celulas adyacentes y que se encuentran distribuidas segun un plan celular.

Un grupo de BTS's se encuentran conectado a un controlador de estaciones base (BSC), encargado de aspectos como el handover (traspaso del movil de una celula a otra ) o el control de potencia de las BTS's y de los moviles.

En consecuencia el BSC se encarga del manejo de toda la red de radio y supone una autentica novedad respecto a los anteriores sistemas celulares.

Una o varias BSC's se conectan a una central de conmutacion de moviles (MSC). Este es el corazon del GSM como responsable de la inicializacion, enrutamiento control y finalizacion de las llamadas, asi como de la informacion sobre la tarificacion. Es tambien el interface entre diversas redes GSM o entre una de ellas y las redes publicas de telefonia o datos.

La informacion referente a los abonados se encuentra almacenada en dos bases de datos que se conocen como registro de posiciones base (HLR) y registro de posiciones de visitantes (VLR).

El primero analiza los niveles de subscripcion, servicios suplementarios y localizacion actual, o mas reciente de los moviles que pertenecen a la red local. Asociado al HLR trabaja el centro de autentificacion (AUC), que contiene la informacion por la que se comprueba la autenticidad de las

## GSM.TXT

llamadas con el fin de evitar los posibles fraudes, la utilización de tarjetas de abonado (SIM's) robadas o el disfrute del servicio por parte de impagados.

El VLR contiene la información sobre los niveles de subscripción, servicios suplementarios y área de localización para un abonado que se encuentra o al menos se encontraba recientemente en otra zona visitada. Esta base de datos dispone también de información relativa a si el abonado se encuentra activo o no, lo que evita el uso improductivo de la red (envío de señales a una localización que se encuentra desconectada)

El registro de identidad de los equipos (EIR) almacena información sobre el tipo de estación móvil en uso y puede eludir que se realice una llamada cuando se detecte que ha sido robada, pertenece a algún modelo no homologado o sufre de algún fallo susceptible de afectar negativamente a la red.

En cuanto a las comunicaciones en la red, se ha desarrollado un nuevo esquema de señalización digital. Para la comunicación entre MSC's y registros de posición se utiliza la parte de aplicación para móviles del Sistema de Señalización número 7 del CCITT, fórmula casi imprescindible para la operación de redes GSM a nivel internacional.

Entre las diversas entidades de la red se encuentran definidos interfaces estándar que aseguren un método común de acceso para todos los móviles, tanto los de diferentes países como los de diferentes suministradores.

La arquitectura funcional del sistema GSM

La norma GSM únicamente especifica entidades funcionales e interfaces normalizados. Con ello se consigue la utilización de cualquier sistema por cualquier estación móvil, aunque no pertenezcan al mismo suministrador, y la interconexión de equipos de distintos suministradores a través de los interfaces normalizados, evitando influir de forma excesiva sobre los desarrollos particulares de cada uno de los fabricantes de equipos.

Vamos a describir en primer lugar las entidades funcionales e interfaces que constituyen el sistema GSM, describiendo su funcionalidad y las relaciones entre ellas. Y por último para poder tener una idea de la estructura física del sistema.

Elementos de un sistema GSM

- Estación Móvil (MS)
  - Una estación móvil se compone funcionalmente de dos partes:
  - El equipo terminal (ET)
  - La terminación móvil (TM)

El equipo terminal realiza funciones semejantes a las de un terminal RDSI y realiza las siguientes funciones :

- Transmisión radio
- Gestión de canales de transmisión radio
- Capacidad del terminal, incluyendo la interfaz hombre-máquina
- Codificación de voz
- Protección de errores
- Control del flujo de datos de usuario
- Adaptación de velocidad de datos de usuario y velocidad del canal
- Soporte de terminales múltiples
- Gestión de movilidad

Hay tres tipos de TM

- TMO-Realiza las funciones anteriormente mencionadas, sin incluir ningún interfaz
- TM1-Incluye además una interfaz RDSI
- TM2-Incluye además interfaces CCITT series X y V

Utilizando estos tres tipos de TM se pueden establecer las configuraciones necesarias para acceder al sistema GSM.

Una estación móvil puede además clasificarse en distintos tipos según varias

características

- Por su utilización
  - Equipo móvil
  - Equipo portátil
  - Equipo transportable
- Por la potencia de salida
  - Clase 1 20 w-Móvil y transportable
  - Clase 2 8 w-Vehículo y transportable
  - Clase 3 5 w-Portátil
  - Clase 4 2 w.Portátil
  - Clase 5 0.8 w-Portátil

Las características de las estaciones móviles se clasifican en tres tipos

- Básicas
- Suplementarias
- Adicionales

Características Básicas obligatorias de la estación móvil

- Visualización del número llamado
- Indicación de señales de progreso de la llamada
- Indicación de país/sistema
- Gestión de la identidad de suscripción (SIM)
- Indicador de PIN (clave de acceso) no válido
- Identidad internacional de equipo de estación móvil (IMEI)
- Indicador de servicio

Características básicas opcionales

- Indicación y reconocimiento de mensajes cortos
- Indicación de saturación de memoria para mensajes cortos
- Interfaz para equipo terminal de datos
- Interfaz para terminal RDSI
- Función de acceso internacional (tecla + )
- Conmutador encendido /apagado
- Interfaz analógica
- Auto prueba

Características suplementarias

- Aviso de tarificación
- Control de servicios suplementarios

Características adicionales

- Marcación abreviada
- Limitación de llamada a números fijos
- Repetición del último número marcado
- Operación manos libres
- Restricción de todas las llamadas salientes
- Bloqueo electrónico del terminal
- Indicador de calidad de recepción
- Indicador de unidades de tarificación
- Estación móvil multi-usuario

Modulo de identificación del usuario (SIM)

Para que una estación móvil GSM pueda funcionar necesita tener introducido el módulo de identificación del usuario.

Existen dos tipos distintos de módulo de identificación del usuario:

- una tarjeta inteligente que puede ser retirada de la estación móvil cuando el usuario termina de utilizarla
- Un módulo que es incorporado dentro de la estación móvil, con el fin de estar instalado permanentemente, aunque siempre sería posible retirarlo abriendo la carcasa de la estación móvil.

Este módulo es el que contiene toda la información necesaria para realizar la función de autenticación del usuario, además de otras informaciones necesarias para el sistema.

El SIM debe contener la siguiente información:

- Número de serie

#### GSM.TXT

- Estado del SIM (bloqueo o desbloqueo)
- Clave del algoritmo de autentificación
- Algoritmo de Autentificación (A3)
- Identificación internacional del usuario móvil (MSI)
- Identificación temporal del usuario móvil (TMSI)
- Algoritmo de generación de claves de cifrado (A8)
- Clave del algoritmo de cifrado de señalización y datos (A5)
- Número de secuencia de la clave del algoritmo de cifrado
- Clase de control de acceso del usuario

#### Sistema de Estación BASE (BSS)

Es la entidad responsable del establecimiento de las comunicaciones con las estaciones móviles que se encuentran dentro de su área de influencia. Esta área de influencia puede ser constituida por una o más células radio cada una de ellas con una estación base.

Hay ocho clases de estaciones base en función de la potencia que van desde los 320 W a 2.5 W.

Un sistema de estación base está constituido por un controlador de estación base BSC del que dependen una o más estaciones base BTS.

Una estación base está constituida por un conjunto de transceptores (TRX) que cubren la misma área. La estación base incluye además de los transceptores un módulo que realiza la función de control común de estos transceptores (FCC)

Tomando como base esta estructura existen dos tipos de sistemas de estación base :

- El sistema de estación integrado donde el BSC y una BTS están integrados en un mismo equipo.
- El sistema de estación base separado donde el BSC es una entidad distinta de las estaciones base, a las que se conecta mediante una interfaz normalizada, denominado interface A-bis. Esta última estructura, es la más general.

El transcodificador es un elemento que pertenece funcionalmente al BSS pero que puede estar situado físicamente en la BTS, en el BSC o externo al BSS (junto a la central de conmutación móvil). La función de transcodificador es convertir la velocidad neta utilizada en los canales radio (inferior a 16 kb/s) a la velocidad normalmente utilizada en la red fija, (que es de 64 kbit/s).

El que esta conversión no se realice hasta el final posibilita que se puedan multiplexar 4 canales de 16 kbit/s en uno de 64 kbit/s ahorrando capacidad de transmisión, en el interfaz entre la BTS y el BSC y en el interface entre el BSC y la central de conmutación (interface A).

A partir de los tipos básicos anteriormente definidos pueden distinguirse 7 estructuras finales distintas, teniendo en cuenta además la situación del transcodificador, y la utilización de submultiplexación en el interface A-bis. (BSS del 1 al 7).

Además de esta clasificación existen otras características funcionales, opcionales dentro de la especificación GSM, que determinan dentro de cada uno de estos tipos diferentes sistemas de estación base. Hay unas características funcionales que son fundamentales, función de salto de frecuencia (SLF), función de control de potencia (CP) y la función de transmisión discontinua (TXD).

La interconexión del BSS con las demás entidades del sistema GSM se define utilizando un modelo basado en el modelo de interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) recogido en las recomendaciones CCITT X200 y X210.

Dentro de cada capa están las entidades. Las entidades de distintos sistemas que pertenecen a la misma capa, pueden intercambiar información entre sí.

Las entidades de un mismo sistema situadas en capas adyacentes interactúan entre ellas a través de su frontera común. De esta forma las capas inferiores

prestan sus servicios a las capas superiores.

Todos los sistemas del BSS: El interface radio, la interfaz A y el interface A-bis se han definido utilizando un modelo de tres capas :

- Capa 3
- Capa2 (enlace de datos)
- Capa 1 (capa fisica)

La capa 1 coincide con la capa inferior del modelo OSI, y soporta todas las funciones necesarias para la transmision de una secuencia de bits sobre un canal establecido en un medio fisico de transmision.

La capa 2 es la capa de enlace de datos, y tiene como mision permitir el intercambio de tramas de informacion entre dos entidades conectadas a traves de un medio fisico.

La capa 3 en realidad comprende las capas 3 a 7 del modelo OSI, llegando por lo tanto hasta definir la naturaleza de la comunicacion requerida para satisfacer las necesidades de los usuarios de la comunicacion.

Para definir totalmente la interconexion del sistema, ademas de esa estructura de capas es necesario tambien utilizar funciones de gestion del sistema. Estas funciones pueden incluir funciones que son comunes a varias capas.

Funcionalidad del BSS.

Funciones del BSC

- Gestion de canales en el enlace BSC-MSC
- Gestion de canales radio
  - \*Configuracion de los canales radio (recibe del OMC)
  - \*Gestion de secuencias de salto de frecuencia(BSC,OMC) estas secuencias son enviadas por el BSC hacia el BTS
  - \*Seleccion de canal, supervision del enlace y liberacion de canal
  - \*Control de potencia en el movil. Determinacion del nivel de potencia necesario en el movil
  - \*Control de potencia en la BSS.
  - \*Determinacion de la necesidad de realizar cambio de canal.

El transcodificador es un elemento que pertenece funcionalmente al BSS pero que puede estar situado fisicamente en la BTS, en el BSC o externo al BSS (junto a la central de conmutacion movil). La funcion de transcodificador es convertir la velocidad neta utilizada en los canales radio (inferior a 16 kb/s) a la velocidad normalmente utilizada en la red fija,( que es de 64 kbit/s).

El que esta conversion no se ralice hasta el final posibilita que se puedan multiplexar 4 canales de 16 kbit/s en uno de 64 kbit/s ahorrando capacidad de transmision, en el interfaz entre la BTS y el BSC y en el interface entre el BSC y la central de conmutacion (interface A).

A partir de los tipos basicos anteriormente definidos pueden distinguirse 7 estructuras finales distintas, teniendo en cuenta ademas la situacion del transcodificador, y la utilizacion de submultiplexacion en el interface A-bis. (BSS del 1 al 7).

Ademas de esta clasificacion existen otras caracteristicas funcionales, opcionales dentro de la especificacion GSM, que determinan dentro de cada uno de estos tipos diferentes sistemas de estacion base. Hay unas caracteristicas funcionales que son fundamentales, funcion de salto de frecuencia (SLF), funcion de control de potencia (CP) y la funcion de transmision discontinua (TXD).

La interconexion del BSS con las demas entidades del sistema GSM se define utilizando un modelo basado en el modelo de interconexion de Sistemas Abiertos (OSI) recogido en las recomendaciones CCITT X200 y X210.

Dentro de cada capa estan las entidades. Las entidades de distintos sistemas

que pertenecen a la misma capa, pueden intercambiar información entre sí.

Las entidades de un mismo sistema situadas en capas adyacentes interactúan entre ellas a través de su frontera común. De esta forma las capas inferiores prestan sus servicios a las capas superiores.

Todos los sistemas del BSS: El interface radio, la interfaz A y el interface A-bis se han definido utilizando un modelo de tres capas :

- Capa 3
- Capa2 (enlace de datos)
- Capa 1 (capa física)

La capa 1 coincide con la capa inferior del modelo OSI, y soporta todas las funciones necesarias para la transmisión de una secuencia de bits sobre un canal establecido en un medio físico de transmisión.

La capa 2 es la capa de enlace de datos, y tiene como misión permitir el intercambio de tramas de información entre dos entidades conectadas a través de un medio físico.

La capa 3 en realidad comprende las capas 3 a 7 del modelo OSI, llegando por lo tanto hasta definir la naturaleza de la comunicación requerida para satisfacer las necesidades de los usuarios de la comunicación.

Para definir totalmente la interconexión del sistema, además de esa estructura de capas es necesario también utilizar funciones de gestión del sistema. Estas funciones pueden incluir funciones que son comunes a varias capas.

Funcionalidad del BSS.

Funciones del BSC

- Gestión de canales en el enlace BSC-MSC
- Gestión de canales radio
  - \*Configuración de los canales radio (recibe del OMC)
  - \*Gestión de secuencias de salto de frecuencia(BSC,OMC) estas secuencias son enviadas por el BSC hacia el BTS
  - \*Selección de canal, supervisión del enlace y liberación de canal
  - \*Control de potencia en el móvil. Determinación del nivel de potencia necesario en el móvil
  - \*Control de potencia en la BSS.
  - \*Determinación de la necesidad de realizar cambio de canal.

Registro de posición base (HLR)

Es una base de datos cuya misión es la gestión de los usuarios móviles.

Una red GSM puede tener uno o varios HLR, dependiendo del número de usuarios móviles, de la capacidad del equipo y de la organización de la red.

El HLR almacena dos tipos de información:

- La información de suscripción de los abonados.
- La información de localización de los abonados, permitiendo de esta forma la función de seguimiento es decir la actualización automática de la posición del móvil para que se le pueda encaminar las llamadas que reciba.

Todas las funciones de administración de los abonados se realizan sobre esta base de datos.

La información de suscripción de un abonado consta de los siguientes pasos

- dos números de identificación
  - \*El identificativo internacional de la estación móvil IMSI
  - \*El número RDSI internacional de la estación MSISDN
- servicios portadores y teleservicios que el usuario puede usar

#### GSM.TXT

- Restricciones de servicios por ejemplo limitacion de seguimiento
- Servicios suplementarios que el usuario puede usar y las tablas de parametros necesarios para dichos servicios.
- Caracteristicas del equipo movil utilizado por el usuario

#### Centro de autenticacion (AUC)

Es una base de datos, con la mision de controlar a los moviles que se encuentran en su area de influencia. Este area de influencia puede comprender una o varias MSC.

Cuando una estacion movil aparece en un area de localizacion lo primero que hace es iniciar un proceso de registro comunicando a la MSC local su identidad. La MSC comunica este registro hacia su Registro de Posicion Visitado. Si el movil no estaba ya registrado en otra area de localizacion dependiente tambien del mismo VLR es necesario enviar tambien esta informacion hacia el HLR del movil, para indicarle que actualice su posicion, y encamine las llamadas recibidas hacia el area donde se encuentra actualmente el movil.

El VLR contiene tambien la informacion necesaria para gestionar las llamadas originadas o recibidas por los moviles registrados en su base de datos. Esta informacion incluye los siguientes elementos:

- El identificativo internacional de la estacion movil (IMSI)
- El numero RDSI internacional de la estacion movil (MSISDN)
- El identificativo temporal de la estacion movil (RMSI)
- El identificativo local de la estacion movil
- El area de localizacion donde el movil se ha registrado.

Esta informacion es intercambiada entre el HLR y el VLR

El VLR tambien puede contener los siguientes elementos :

- Parametros de servicios suplementarios
- Caracteristicas tecnicas de los equipos moviles.

#### Registro de identificacion de equipos (EIR)

Este registro se utiliza para almacenar las identidades de los equipos moviles clasificadas en tres tipos de listas :

- blanca
- gris
- negra

La lista blanca contiene todos aquellos identificativos de equipos que han obtenido la homologacion.

La lista gris contiene los identificativos de los equipos que es necesario localizar debido a alguna razon tecnica.

La lista negra contiene los identificativos de los equipos robados o utilizados de forma ilegal y tambien la de aquellos equipos que no pueden acceder al sistema porque podrian producir graves problemas tecnicos.

Este registro es consultado cuando un movil se registra en el sistema, o bien cuando realiza una llamada. (ojala se pudiera hacer esto en paket)

#### Centro de operacion y mantenimiento (OMC)

Es un sistema de operacion que se encarga de las funciones de explotacion de una o varias entidades del sistema GSM

#### Centro de gestion de red (NMC)

Es un sistema de operacion que constituye la maxima jerarquia dentro del sistema de explotacion. De este centro depende todos los demas Centros de Operacion y Mantenimiento

## INTERFACES DEL SISTEMA

### Interface Radio (Interface UM)

El interface radio es utilizado por las estaciones moviles para acceder a todos los servicios y facilidades del sistema GSM utilizando para ello los sistemas de estacion base como punto de conexion con la red.

### Interface entre la SMC y el BSS (interface A)

Este interface se utiliza fundamentalmente para el intercambio de informacion relacionada con las siguientes funciones :

- Gestion del BSS
- Manejo de la llamada
- Gestion de la movilidad

### Interface entre el BSC y la BTS (interface A-bis)

Este interface permite conectar de una forma normalizada estaciones base y controladores de estacion base, independientemente de que sean realizadas por un mismo suministrador o por suministradores distintos.

### Interface entre la SMC y el VLR asociado (interface B)

Como se vio anteriormente el Registro de Posicion Visitado es la base de datos para gestion y seguimiento de los moviles dentro del area controlada por su SMC asociada (o SMC asociadas)

### Interface entre el HLR y la SMC (interface C)

Este interface se utiliza fundamentalmente para las siguientes funciones :

- Al final de una llamada en la que un movil tiene que ser tarificado la SMC de ese movil puede enviar un mensaje de tarificacion al HLR
- Cuando la red fija no puede realizar el procedimiento de interrogacion necesario para el establecimiento de una llamada hacia un usuario movil la SMC de cabecera debe interrogar al HLR del usuario llamado para conocer el numero de seguimiento del movil llamado.

### Interface entre el HLR y el VLR (interface D)

Este interface se utiliza para intercambiar los datos relacionados con la posicion de la estacion movil y los datos de suscripcion del usuario.

A traves de este interface el VLR informa al HLR correspondiente de la posicion de una estacion movil gestionada por este ultimo registro, proporcionandole un numero de seguimiento a fin de que pueda encaminar las llamadas dirigidas hacia esta estacion movil.

En el otro sentido el HLR envia al VLR que controla el area donde se encuentra la estacion movil, los datos correspondientes necesarios para soportar los servicios contratados por el usuario.

Asimismo mediante un interfaz similar el HLR debe informar tambien al VLR anterior que cancele el registro de localizacion correspondiente a dicha estacion movil, cuando esta estacion movil se desplaza a una nueva area VLR.

Estos intercambios de datos se producen cuando la estacion movil requiere un servicio determinado, cuando el usuario quiere cambiar algunos datos relacionados con su suscripcion, o bien cuando los parametros de la suscripcion se modifican por el operador del sistema.

### Interface entre SMC (interface E)

Cuando una estacion se desplaza del area controlada por una SMC al area de

otra SMC distinta, es necesario realizar un procedimiento de traspaso para poder continuar la conversacion. En este caso las SMC deben intercambiar datos para poder llevar a cabo esta operacion.

#### ESTRUCTURA FISICA DEL SISTEMA GSM

En estos momentos hay dos fabricantes que han optado por dos sistemas distintos aunque similares.

Ericson y Motorola

#### Sistema GSM de Ericsson

-Ericsson ha diseñado una estructura basada en controladores de estacion base de gran capacidad, colocados junto a las centrales de conmutacion y utilizacion de estaciones bases simples. Estas estaciones base utilizan la interface A-bis para conectarse al BSC El transcodificador /adaptador de velocidad esta situado en el BSC para ahorra medios de transmision.

El sistema GSM de Ericsson se divide en tres sistemas que siguen el modelo general GSM

- Sistema de conmutacion (SS)
- Sistema de Estacion Base (BSS)
- Sistema de operacion y mantenimiento (OSS)

Las funciones relacionadas con el proceso de llamadas y los abonados estan implementadas en el sistema de Conmutacion mientras que las funciones relacionadas con la radio se concentran en el Sistema de Estaciones Base.

El sistema de Operacion de mantenimiento atiende las actividades necesarias para la gestion de la red celular y del sistema del GSM

#### El sistema de Conmutacion (SS)

El sistema de conmutacion realiza las funciones normales en telefonia, como son el control de trafico, el analisis de numeros, la facturacion y las estadisticas de llamadas, e incluye las siguientes funcionalidades.

- Central de Conmutacion de Servicios Moviles (MSC)
- Registro de abonados locales (HLR)
- Registro de abonados visitantes (VLR)
- Centro de Comprobacion de identificacion (AUC)
- Registro de identidad del equipo (EIR)

#### Sistema de Estacion Base (BSS)

El sistema de Estacion Base, fundamentalmente es responsable de las funciones radio, gestiona las comunicaciones por radio con las unidades moviles, maneja con autonomia el paso de llamadas activas entre celulas en el area que esta bajo su control. El BBS controla tambien los niveles de la potencia de la señal de radio tanto de las estaciones base como de los moviles.

El sistema de Estaciones Base de Ericsson puede manejar, no solamente el trafico ordinario sino tambien situaciones de averias normales, sin tener que estar bajo el control del sistema de Operacion y Mantenimiento (OSS). Esto significa que el OSS no entra en el tratamiento de trafico.

El controlador de estaciones base (BSC) del sistema de Estacion Base de Ericsson tiene la flexibilidad de trabajar en toda la gama de capacidad, desde aplicaciones rurales pequenas a las metropolitanas grandes. Por ejemplo una BSC puede controlar hasta 512 transceptores.

#### Sistema de operacion y Mantenimiento (OSS)

## GSM.TXT

Las funciones de operacion y mantenimiento de la red GSM de Ericsson se realizan ambas localmente, en los nodos de la red GSM y centralmente mediante el OMC. Juntos los dos juegos de funciones proporcionan los medios necesarios para poder llevar una eficiente gestion de la red.

Cada elemento de la red GSM de Ericsson lleva incorporadas funciones de mantenimiento que supervisan e informan sobre el estado operativo del elemento. Los errores que se detectan se clasifican segun su gravedad. En muchos casos las funciones locales de operacion y mantenimiento pueden resolver con autonomia el problema, por ejemplo, conmutando el trafico a una unidad de reserva.

Las funciones dentro de OSS se basan en el nuevo Sistema de Operacion y Gestion de Redes de Telecomunicacion. Consiste en una "familia" de aplicaciones individuales que utilizan ordenadores normalizados, RISC y el sistema operativo UNIX.

Se ha elegido un subconjunto de las funciones de gestion para construir el Sistema TMOS como soporte operativo del GSM de Ericsson.

### Sistema GSM de Motorola

Motorola ha diseado una estructura basada en controladores de estacion base de menor capacidad que en el caso de Ericsson y que estan colocados cerca de las propias estaciones base. Esta estructura permite dar al sistema una mayor agilidad y mas flexibilidad de configuraciones.

El transcodificador/adaptador de velocidad esta situado o bien cerca de la MSC o bien en el BSC, dependiendo de la configuracion del sistema.

### Sistema de Estacion Base (BSS)

El sistema de estacion base puede tener varias configuraciones.

Hay dos tipos basicos de bastidores en el sistema BSS, el llamado BSSC que realiza funciones de BSC y tambien puede realizar funciones de transcodificacion y el llamado BTS que realiza funciones propias pero tambien puede realizar funciones de BSC e incluso de transcodificador, aunque sea un bastidor propio de BTS.

El BSS utiliza solo 6 tipos de tarjetas distintas que realizan todas las funciones propias del mismo. Utiliza dos tipos de combinaciones para el salto de frecuencia.

### Sistema de Operacion y mantenimiento (OSS)

El sistema de Operacion y mantenimiento se realiza localmente en los BSS y centralmente en el Centro de Operacion y Mantenimiento (OMC)

En el BSS se emplean unas 3/4 partes del SW a la operacion y el Mantenimiento.

Las conexiones entre el BSC y BTS se realizan mediante RS232. Se generan estadisticas, alarmas, etc. Debido a los pocos tipos de tarjetas diferentes que existen los respuestas son reducidos.

El OMC centraliza la Operacion y Mantenimiento. Utiliza interfaces estandares sistema UNIX y base de datos INFORMIX. El interfaz hombre maquina es facil con el X-windows.

### INTERFACE RADIOELECTRICO

-La banda de espectro radioelectrico destinada a su uso por el sistema GSM es de 850 a 915 Mhz para las comunicaciones de E.M a E.B y de 935 a 960 Mhz para las comunicaciones de E.B. a E.M.

La separacion entre portadoras de los canales GSM es de 200 KHz y se ha definido una banda de guarda de otros 200 KHz a cada lado de las bandas GSM por lo que el numero de canales posibles en la banda es de 124, con

frecuencias portadoras que tienen un valor de :

$$F_u = 890 + 0.2 * n \text{ Mhz} \text{ siendo } 1 \leq n \leq 124$$

$$F_d = F_u + 45 \text{ Mhz}$$

La trama del TDMA

Cada uno de los antedichos canales de radiofrecuencia esta dividido en intervalos de tiempo de unos 577 usg (exactamente 15000/26 usg, que es lo que se denomina relacion de aspecto TDMA y es un parametro fijado inicialmente en las especificaciones GSM)

Estos intervalos de tiempo estan agrupados en conjuntos de 8 intervalos consecutivos formando la llamada trama. Las tramas asi formadas se agrupan en multitramas de una de estas formas :

- Una multitrama formada por 26 tramas y por tanto, con una duracion de 120 msg. Esta multitrama es utilizada para contener canales de trafico y sus canales de control asociados.
- Una multitrama formada por 51 tramas y por tanto, con una duracion aproximada de 235.4 msg. Esta multitrama es utilizada exclusivamente para canales de control.

Hay ocho canales fisicos por cada canal de radiofrecuencia. Por tanto, para especificar un determinado canal fisico habra que indicar el canal de radiofrecuencia en el que esta el canal fisico, de los ocho posibles, de que se trata dentro de ese canal de radiofrecuencia.

La estructura de trama utilizada para cada canal fisico es independiente de la de los demas.

Esto quiere decir que cada uno de los ocho canales que forman un canal de RF puede estar agrupado en un modelo diferente de multitrama.

El siguiente nivel dentro de la estructura de TDMA es la supertrama. Esta tiene una duracion de 6.12 sg y esta formada por 51 multitramas de 26 tramas o 26 multitramas de 51 tramas.

La flexibilidad de la estructura de trama mencionada en el parrafo anterior tiene su limite en que el cambio de tipo de multitrama usado en un canal fisico esta permitido solamente en las transiciones de supertrama.

El ultimo nivel de la estructura es la hipertrama, que consiste en 2048 supertramas de duracion aproximada 12533.76 sg (3h 28m 53sg 760 msg). Las tramas TDMA se numeran respecto a este nivel es decir su numeracion va de 0 a 2715647. Este periodo de tiempo tan largo es necesario para soportar los mecanismos de encriptacion que lleva el sistema GSM.

Estructuras de Datos

Hay dos tipos principales de canales en el sistema GSM, los de trafico (TCHs) y los de control (CCHs). Alguno de estos canales son bidireccionales y otros unidireccionales.

- Canales de trafico (TCHs)

Los canales de trafico estan destinados a soportar voz o datos codificados.

Tanto los TCHs llevan informacion de un tipo o de otro, pueden ser de dos formas generales :

- TCH/F, canales de trafico de velocidad completa, que trabajan a 22.8 kbit/s
- TCH/H, canales de trafico de velocidad media, que trabajan a 11.4 kbit/s

En el caso de datos con regimen binario de 9.6 kbit/s estos tan solo pueden ser transmitidos mediante TCH/Fs.

## Canales de control (CCHs)

Los canales de control soportan señalización y datos de sincronización entre estaciones base y móviles. Hay tres categorías de canales de control :

-Difusión, común y dedicado

Los CCHs de difusión son canales unidireccionales utilizados para difundir información a las estaciones móviles. Se definen varios tipos :

FCCH, utilizado para la corrección de frecuencia de las estaciones base  
BCCH, utilizado para difundir información general  
SCH, utilizado para la sincronización de trama en la estación móvil.

Los CCHs comunes, CCCHs son usados durante el establecimiento de la conexión entre EB y EM antes de que se haya asignado al móvil un CCHs dedicado (RACH, PCH, AGCH)

Los CCHs dedicados son básicamente de tres tipos:

SDCCH que soportan datos de señalización que sitúan el establecimiento de la conexión EM-EB y la asignación de canal.

SACCH, que está siempre asociado a un canal de tráfico o a un SDCCH y se corresponden dentro del mismo canal físico. Soporta información general entre EM y EB.

FACCH que soporta datos de señalización al igual que el SDCCH y está asociado a un TCH. Este tipo de canal de control se asigna cuando no ha sido asignado un SDCCH y obtiene acceso al recurso "robando" tramas del canal de tráfico al que ha sido asignado.

## Tipos de Burst

La velocidad de bit que modula una portadora GSM es de 270.838 kbit/sg que significa un intervalo de 577 usg que corresponde a una duración de 156.25 bits. Se denomina "burst" a esta ráfaga o secuencia de datos de extensión 156.25 bits.

El burst está hecho de una parte útil y una de guarda. La primera contiene los datos para ser transmitidos, una secuencia de entrenamiento y una cola de bits. En la segunda, el periodo de guarda, no se transmite nada y su propósito es permitir una variación en el tiempo de llegada del burst sin que se solapen las partes útiles de los burst adyacentes.

Se definen 5 tipos de burst en el sistema GSM cuatro de ellos son de duración completa (156.25 bits) y otro corto :

burst normal, que consta de un periodo de guarda de 8.25 bits y 116 bits de datos encriptados. El resto de los bits se reparten :  
3 para la cola de arranque  
3 para la cola de parada  
26 para la secuencia de entrenamiento usada para equalización del canal de radiofrecuencia.

Burst de corrección de frecuencia, que tiene 8.25 bits de periodo de guarda

3 para la cola de arranque  
3 para la cola de parada  
142 restantes son 0

Este burst es utilizado para la sincronización de frecuencia en el móvil. También permite al móvil encontrar fácilmente el canal (CCH) de difusión, ya que este burst tan fácilmente identificable está únicamente en el canal CCH de difusión.

## Encriptacion

Para mostrar el concepto de encriptacion hay que explicar como es autenticado el acceso al sistema GSM de una EM.

Un abonado movil es identificado en el sistema GSM por su identidad internacional de abonado movil (IMSI) que no debe ser transmitida claramente en ningun mensaje de señalizacion en el enlace radio.

Normalmente el EM se identifica en un area de localizacion dada enviando una identidad temporal de abonado movil (TMSI).

Fuera de este area la localizacion del area de identificacion (LAI) deber ser enviada. Unicamente el caso de que TMSI y LAI no correspondan, se pregunta su IMSI a la EM y mas tarde se envia un nuevo TMSI a la EM de forma encriptada. En todo el proceso intervienen tambien la clave secreta de autenticacion del abonado y un numero de acceso aleatorio enviado por la EB. La clave usada para encriptar proviene de estos ultimos.

El cambio de clave en el encriptado se produce a peticion del operador de red y cuando el movil cambia de una celda a otra (handover).

## Modulacion

El principal objetivo de la modulacion es convertir los datos a ser transmitidos en una forma que se ajuste tanto a los requisitos de transmision del medio usado como a cualquiera impuesto por el sistema y las operaciones.

La modulacion que mas se adapta es la GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) que es una modulacion en frecuencia digital binaria con un indice de modulacion de 0,5 en la que se ha realizado previamente sobre la señal moduladora un filtrado gaussiano con 0.3 de producto BT (ancho de banda por el periodo de bit de la señal moduladora).

## PROPIEDADES PROPIAS DEL SISTEMA

### Alineamiento adaptativo en el tiempo

En el sistema GSM como en la mayoria de los sistemas celulares, la EM obtiene su temporizacion de las señales recibidas de la EB. En concreto la EM transmite su burst 3 intervalos de tiempo (3 x 577 usg) despues que los burst hayan sido recibidos de la EB.

No obstante dando que la temporizacion depende de lo que tarde en propagarse la señal, que esto depende de la distancia entre la EB-EMM y que el siguiente burst recibido de la EB (procedente de otra EM con diferente distancia a la EB) puede superponerse, deben ser tomadas algunas acciones al respecto.

La BS determina el adelanto en la temporizacion en transmision que el movil debe tener para que sus burst lleguen en el intervalo de tiempo correcto.

Este adelanto de temporizacion es inicialmente calculado por la EB sobre la base del burst de acceso recibido en RACH (que tiene un periodo de guarda de 68,25 bits o 252 usg) y puede ser de 0 a 63 periodos de bit de avance lo que equivale a una separacion maxima de 35 km

La EB controla en modo de operacion normal con TCH establecido, el retraso de la señal procedente de la EM, enviando ordenes de correccion en el SACCH y logrando que el error del retardo sea menor que 2 usg (aproximadamente medio periodo de bit)

Para celulas de radio mayor que 35 km hay un procedimiento especial establecido que permite realizar esta funcion en celulas de hasta 120 km.

### Control de Potencia

El control de potencia en el sistema GSM puede ser utilizado tanto en la EM como en la EB, y su finalidad principal es la de reducir la interferencia

cocanal, mientras se trabaja con una potencia transmisora adecuada para mantener la calidad de la señal de voz a través del enlace radioeléctrico.

Este control de potencia es obligatorio para las EM mientras que no lo es para las EB. La EM debe ser capaz de variar su potencia de transmisión desde su máximo valor (diferente según la clase de EM de que se trate) hasta 20 mw en pasos de 2dB.

Para el acceso inicial de una EM en una célula del RACHB, dicha EM debe usar o su valor máximo definido por la clase de EM que es, o el valor máximo permitido en esa célula si este es menor.

Tras esto, la EB calcula el nivel de potencia en radiofrecuencia que debe usar la EM y se lo señala mediante 4 bits que a tal efecto hay dedicados en el SACCH (EB-> EM). El cambio de potencia en la EM se realiza a una velocidad de 2 dB cada 60 msg y la EM confirma a la EB el nivel de potencia que utiliza en el SACCH (EM->EB).

#### Handover

La EM tienen establecido el proceso de comunicación con la EB que le proporciona mejor enlace. Como la EM se mueve, la EB con la que existe el mejor enlace varía, por lo que la EM debe ser reasignada a una nueva EB y su llamada re-enrutada adecuadamente.

Esta necesidad es solucionada por el proceso de handover que determina la asignación de EM o de EB y que por tanto determina el tamaño de las células mediante los valores de umbrales de decisión de asignación utilizados y determina la calidad del enlace radioeléctrico.

Para controlar el proceso de handover el sistema ha de poseer información de la calidad del enlace radioeléctrico existente y el de los enlaces alternativos de las EB circundantes.

Las EMs tan solo son activas en 2 de los 8 intervalos de tiempo de una trama si bien tienen la habilidad de, en los 6 restantes explorar las transmisiones del BCCH de las EBs circundantes.

Las portadoras de radiofrecuencia de BCCH son medidas secuencialmente y promediadas durante un bloque SACCH (480 msg).

Una vez que tiene la información de calidad de su enlace con la EB utilizada y con las circundantes transmite a la red la información de las 6 EB con mayor intensidad de señal recibida (a través de su EB), donde es tomada la decisión de handover.

Al proceso de medir los BCCHs, la EM debe identificar las EBs circundantes lo que realiza identificando la frecuencia del BCCH y si esta es coincidente con la de varias EB, sincronizando y demodulando el canal de sincronización de las EBs circundantes, que contienen el código de identificación de estación base (BSICs). La EM realiza esta operación en su trama "idle" TDMA existiendo una sola por multitrama de TCH.

Hay que resaltar que para que esto pueda realizarse correctamente todas las portadoras de radiofrecuencia que contengan BCCH debe ser transmitidas con la misma potencia. Esto implica que en la transmisión del BCCH no se puede aplicar ni el control adaptativo de potencia, ni la transmisión discontinua.

Tan solo añadir que respecto de la EB con la que está enlazada, la EM mide no solo la intensidad de señal recibida, si no también la calidad de la misma en tasa de error de canal. Igualmente, la EB realiza medidas de calidad del enlace EM -> EB. El medir los dos parámetros permite al sistema conocer si la degradación de un enlace radioeléctrico se debe a falta de señal o a interferencia cocanal.

Junto con el handover como cambio de la EB con la que trabaja una EM también existe el concepto de handover intracelular (al anterior le llamamos handover intercelular) y que consiste en cambiar el canal en el que se realiza la

#### GSM.TXT

comunicación dentro de una misma EB. Esto se puede llevar a cabo ya que la EB mide la señal recibida en todos los canales recibibles por ellas y no solo en el utilizado por lo que puede determinar que canal tiene una menor interferencia cocanal.

El algoritmo de handover no está restringido a especificaciones GSM sino que se da libertad al gestor de red de como realizarlo. No obstante existe un ejemplo de algoritmo recomendado por las especificaciones.

Como la mayoría de las comunicaciones en sistemas móviles son de voz y estas son realmente activas menos de la mitad del tiempo, GSM usa la transmisión discontinua (GTX) apoyándose en detectores de actividad vocal (VAD) transmitiendo aquellas tramas de voz que son consideradas como que contienen nuestra voz activa. Esto conlleva dos ventajas la señal cocanal interferente se reduce a 3 db de media y la duración de la batería de la EM se amplía considerablemente.

Los intervalos en los que no se transmite voz se rellenan mediante ruido confortable. El algoritmo para extraerlo es enviado periódicamente en los periodos de silencio, en tramas de identificación de silencio (SID) al extremo receptor de la comunicación.

La opción DTX es obligatoria para las EM y optativa para las EB

Por otro lado la recepción discontinua implica que las EM están diseñadas para tener activados los receptores solo cuando es necesario.

Esto puede ser llevado a cabo ya que el canal de búsqueda (PCH) en CCCH (EB -> EM) está organizado de forma que la EM solo necesita escuchar un pequeño subconjunto de todas las tramas PCH.

La propagación en sistemas móviles en el que se da multitrayecto produce un desvanecimiento en la señal recibida muy característico.

Este efecto negativo se corrige en parte, mediante el salto lento en frecuencia. La secuencia de burst que forman el TCH son asignadas cíclicamente a diferentes frecuencias definidas para una EB. Las señales de temporización disponibles en la EB y en la EM son usadas para mantener transmisores y receptores en sincronismos dentro de una secuencia de salto en frecuencia definida.

Una ventaja adicional del SFH es que la interferencia cocanal está más dispersa entre todas las EM ya que todas las EM pasarían por la frecuencia en la que existe la interferencia cocanal, siendo todas ligeramente afectadas pero ninguna de forma continua, como ocurriría en el caso de no existir el SFH.

En el sistema GSM la duración de cada salto coincide con el de la trama TDM (4,616 ms). Por tanto la frecuencia de salto es de 217 saltos /sg.