

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS

“GSM”

**Monografía previa a la
Obtención del Título en
Ingeniero de Sistemas.**

MIEMBROS DEL TRIBUNAL:

**ING FERNANDO BALAREZO.
ING FRANCISCO SALGADO.
ING PABLO ESQUIVEL.**

AUTOR: VICTOR XAVIER ASTUDILLO CAMBISACA.

MADRID – ESPAÑA

2002

**CUENCA – ECUADOR
2003**

Dedicatoria:

Al culminar mis estudios universitarios siento una profunda satisfacción haber logrado luego de muchos esfuerzos y sacrificios llegar a la meta que me habría trazado.

Dedico mi trabajo que lo realicé motivado por mi amor a Dios y a mis padres; Víctor Francisco y Alejandrina Beatriz, a mi hermano Juan Carlos, quienes me enseñaron a tener un afán de superación e investigación de la verdad, inspirado en un sentimiento de trascendencia y en ejercicio de mis capacidades por el servicio a los demás.

Agradecimiento

Quiero dejar constancia de mi sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay que me dio la oportunidad de educarme.

Con respeto y admiración, agradezco a Miguel Calvo Ramón quien me transmitió sus sabios conocimientos, que me supieron acoger con cariño, he hizo posible que realice mi tesis.

Además quiero agradecer a mis maestros quienes colaboraron con su metodología y sabiduría e inculcaron en mí, el saber, el decoro de hombre honrado y el deseo de salir adelante en la conquista de mayores metas de superación.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION TEÓRICA "GSM"	1
HISTORIA, DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	2
UN POCO DE HISTORIA DEL GSM	3

Capítulo I

1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MOVILES	6
1.2 LA REUTILIZACION DE FRECUENCIAS	7
1.3 EL SISTEMA DE CELDAS	7
1.4 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA	9
1.4.1 ACCESO A SISTEMAS TRUNCADOS	10
1.4.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (FDMA)	10
1.4.3 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA)	11
1.4.4 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DEL ESPACIO (SDMA)	11
1.4.5 ACCESO MÚLTIPLE POR SALTOS DE FRECUENCIA (FHMA)	12
1.4.6 OPERACIONES DÚPLEX	12
1.4.7 DÚPLEX POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (FDD)	12
1.4.8 DÚPLEX POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDD)	13
1.5 FRECUENCIAS Y CANALES LÓGICOS	13

Capítulo II

2.1 LA ARQUITECTURA FUNCIONAL DEL SISTEMA GSM	14
2.10 CENTRO DE GESTION DE RED (NMC)	24
2.11 ENLACE DE VOZ	24
2.11.1 CODIFICACIÓN DE CANAL	25
2.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA GSM	15
2.2.1 MÓDULO DE IDENTIFICACIÓN DEL USUARIO (SIM):	17
2.3 SISTEMA DE ESTACION BASE (BSS)	18
2.3.1 FUNCIONALIDAD DEL BSS	20
2.3.1 FUNCIONES DE LA BTS	20
2.4 CENTRAL DE CONMUTACION MOVIL	21
2.5 UNIDAD DE INTERFUNCIONAMIENTO (UI)	21
2.6 REGISTRO DE POSICION BASE (HLR)	22
2.7 CENTRO DE AUTENTICACION (AUC)	22
2.8 REGISTRO DE IDENTIFICACION DE EQUIPOS (EIR)	23
2.9 CENTRO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO (OMC)	24

Capitulo III

3.1 SISTEMAS DE RADIO	28
3.1.1 CANALES	28
3.1.2 CANAL DE TRAFICOS	28
3.1.3 CANALES COMUNES DE SEÑALIZACION	30
3.1.3.1 BCCH	30
3.1.3.2 FCCH	31
3.1.3.3 PCH	31
3.1.3.3 SCH	31
3.1.3.4 RACH	32
3.1.3.5 AGCH	32
3.1.4 CANALES DEDICADOS DE SEÑALIZACIÓN	33
3.1.5 CANALES FÍSICOS DE TRAMA	37
3.1.6 RÁFAGAS	37
3.1.7 ESTRUCTURA DE RÁFAGAS	38
3.1.8 MULTIPLEXION DE LOS CANALES LÓGICOS EN CANALES FÍSICOS	40
3.2 COBERTURA Y CONTROL	41
3.3 ASIGNACIÓN DE CANALES	43
3.4 OTROS SISTEMAS DE SEGUNDA GENERACIÓN	44
3.5 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN	45
3.6 VISIÓN GENERAL DEL GSM Y SU PENETRACIÓN EN EL MUNDO	47
3.7 ANALISIS COMPARATIVO CON CDMA	53

Capitulo IV

4.1CONCLUSIONES	60
4.2 GLOSARIO	62
4.3 BIBLIOGRAFIA	70

INTRODUCCION TEÓRICA “GSM”

Las comunicaciones celulares, tan de moda últimamente, tienen un funcionamiento parecido al de las llamadas telefónicas convencionales.

Las llamadas se hacen a través de las MTSO (Mobile Telecommunications Switching Office). Las MTSO manejan todas las llamadas desde y para celulares y además, manejan la tarificación. Son parecidas a nuestras centrales telefónicas convencionales.

Una llamada proveniente de la MTSO es enviada a una célula y de cada célula, la señal viaja hasta el teléfono celular.

Estas células, son repetidoras que cubren la superficie de un área.

Cuando nos movemos por esta área, la señal de nuestro teléfono, es manejada por esta célula que la pasa a la MTSO desde donde accede a la red telefónica normal. Cuando nos aproximamos al borde del área de cobertura de una célula, la señal pasa inmediatamente a otra célula donde la llamada continua sin interrupción.

Esto se denomina Cellular Hand-Off.

Las comunicaciones celulares, se reparten entre muchas células, de forma que parece una gran colmena de abejas.

La mayoría de las células están situadas en las áreas en que son necesitadas, por eso vemos tantas células en las orillas de las carreteras. Cada célula tiene su propio transmisor receptor que la conecta con la red telefónica local. Cuando la llamada viaja de una célula al MTSO, la información del celular (número de abonado, frecuencia, numero de serie electrónico etc.) pasa unida a la transmisión telefónica para de esta forma tarifar la llamada.

Conociendo la posición geográfica de la célula, se puede llegar a descubrir la posición de un móvil que esté activo. Esto es importante, pues se puede localizar a una persona cuando realiza una llamada.

Los teléfonos celulares son realmente computadoras, terminales de red, unidos por una gran red celular.

Al ser computadoras, obviamente los teléfonos celulares también son programables. Esto, en la mente de un hacker significa que no hay razón para limitar un teléfono móvil a las “pobres” funciones que su fabricante le ha dado.

También significa, que un teléfono móvil, puede ser Hackeado.

Este nuevo sistema debería dar servicio a un gran numero de abonados, con cobertura internacional, y debería estar abierto a la interacción con las futuras edades avanzadas de telecomunicaciones.

Los requisitos básicos definidos para el nuevo sistemas digitales de segunda generación fueron:

- Capacidad de seguimiento automático tanto nacional como internacional.
- Numero de telefónico único del abonado.
- Gran capacidad de trafica y uso optimizado del espectro.
- Mejor calidad de servicio y mayores facilidades que los sistemas existentes.
- Posibilidad de coexistencia con los sistemas de primera generación, usando los mismos emplazamientos de estaciones base.
- Posibilidad de interconexión con la Red Digital de Servicios Integrados.
- Inclusión de servicios no telefónicos
- Posibilidad de uso de terminales portátiles de bolsillo de reducido tamaño
- Terminales personalizadas.
- Mejoras en la seguridad de transmisión.
- Mayor eficacia de las baterías de los portátiles.
- Uso de los Sistemas de Señalización avanzadas.
- Coste para el usuario no mayor que el de los sistemas de primera generación.

Los primeros estudios y recomendaciones del GSM se centraron en establecer una banda de frecuencias común y en desarrollar específicamente especificaciones para las interfaces entre las unidades funcionales básicas, dejando un amplio margen de libertad de diseño que estimulase la competencia entre los fabricantes.

Las directrices seguidas para desarrollar las especificaciones fueron:

- Uso de las bandas común reservadas al GSM en todos los países participantes.
- Estructura celular digital.
- Sistema de Acceso TDMA de banda estrecha.
- Algoritmo de codificación de fuente de baja velocidad binaria.
- Control de potencia de transmisión/recepción
- Arquitectura OSI
- Señalización avanzada CCIT nro. 7.

HISTORIA, DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Hasta ahora, los radioaficionados, y cualquier persona que se comprara un escáner podía escuchar los TMA (Teléfono Móvil Analógico) sin ningún problema.

Ahora con la entrada del GSM, eso ha pasado a la historia, ya que es prácticamente indetectable (por lo menos por ahora). Vamos, con los capítulos

siguientes a explicar, o a intentar explicar, qué es el GSM, su estructura y en lo que se pueda su funcionamiento, aunque avanzo desde ahora, que es bastante complicado, pero creo que, como tema relacionado con nuestra afición puede ser de interés, o por lo menos para conocer algo nuevo.

UN POCO DE HISTORIA DEL GSM

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

La primera fue, establecer un equipo con el nombre de -Groupe Special Mobile- de aquí viene la abreviatura GSM, que desarrollaría un conjunto de estándares para una futura red celular de comunicaciones móviles de ámbito pan-europeo.

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

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

En 1984 empieza a surgir otro factor adicional, los sistemas celulares de la primera generación, y en particular en los países del norte de Europa, experimentan una aceptación y penetración en el mercado extraordinariamente superior a la prevista.

En 1986 las cifras indicaban la saturación de la capacidad de estos sistemas para principio de la década de los 90. Ante esto surgió la tentación de utilizar parte de las subbandas de frecuencias destinadas al GSM como ampliación de las usadas por los sistemas móviles celulares de primera generación. (sistema 900)

En consecuencia la Comisión de las Comunidades Europeas emitió una Directiva en la que reservaban dos subbandas de frecuencias en la banda de 900 Mhz, para el sistema pan-europeo, que empezaría a funcionar en 1991, pero más pequeñas que las recomendadas por la CEPT. Asimismo contemplaba que las frecuencias en estas subbandas que estuvieran siendo utilizadas por sistemas móviles celulares de la primera generación (analógicos), deberían abandonarlas en los próximos diez años (o sea hasta el 2001), que es la vida que les queda a los TMA (analógicos).

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

Se adoptó la decisión de que el sistema sería digital, en lugar de analógico lo que redundaría en mejorar la eficiencia espectral, mejor calidad de transmisión, posibilidades de nuevos servicios y otras mejoras como la seguridad.

También permitiría la utilización de tecnología VLSI, pudiendo fabricar terminales móviles más pequeños y baratos, y en definitiva el uso de un sistema digital complementaría el desarrollo de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) con la que GSM deber tener una 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 invitación simultanea hecha el 29 de febrero de 1988 a todos los operadores de red involucrados en el sistema.

Pronto se dieron cuenta de que había más problemas de los previstos. Por lo que se acordó que se efectuaría el desarrollo de la especificación en dos fases. Además la implantación en términos geográficos se vislumbró que debía realizarse en fases, empezando por ciudades importantes y aeropuertos y se seguiría con autopistas, calculando que se tardarían años en lograr un servicio completo a todo Europa.

En 1988 se inició una intensa actividad en pruebas de validación particularmente en relación con el interface radioeléctrico.

Como resultado se ajustaron ligeramente las especificaciones GSM y se pudo comprobar que el sistema funcionaría.

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 reguladores 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, Africa 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.

Capítulo I.

1.1 DESCRIPCIÓN DE 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 radioenlaces 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 esté 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 ocuparán 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.

1.2 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 contiguas, 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.

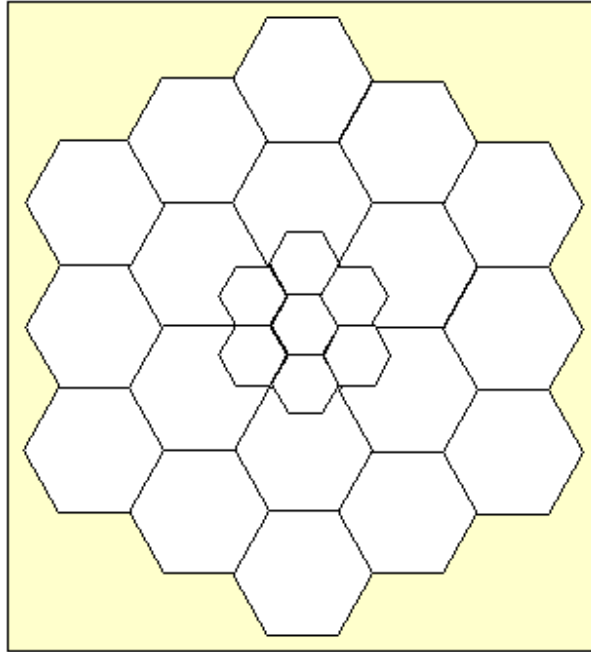
La estación base que recibe al móvil con un mayor nivel de potencia es la que queda asignada al mismo.

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 decibels al que este 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.

1.3 EL SISTEMA DE CELDAS

Existe una profusa literatura que dice que las celdas de estos sistemas son hexágonos 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 cuantas 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 hexagonales 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 éste 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, al no ser uniforme, siendo más intensa en la bisectriz del sector y disminuyendo en los extremos.

En la práctica en zonas muy congestionadas por la demanda de comunicaciones móviles los sectores de 120° no son operativos.

Normalmente se instalan seis antenas en cada estación base que suponen seis sectores de 60° cada uno en cuyo centro está la estación base de modo que si un móvil sale de un sector y entra en otro que pertenece a la misma estación no se produce -handover- concebido éste como cambio de la estación base a la que esta conectado un equipo móvil, sino que cambia de asignación de antena.

1.4 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

El sistema GSM permite la conexión con la red conmutada (Telefónica) y con la RDSI (Red de servicios integrados) y permite ofrecer al usuario telefonía, transmisión de datos (hasta 9.600 bit/s), facsímil del grupo III, conexión a sistemas de correo electrónico (X-400) y envío de mensajes cortos (alfanuméricos) que permite tanto su envío como su recepción desde un terminal móvil, leyéndolos en este último caso en el visor correspondiente.

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

El terminal a su vez, ofrece prestaciones adicionales como marcación abreviada, repetición del último número 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 autenticación de la validez de la llamada; encriptado, que facilita una confidencialidad total (voz, datos e identidad del abonado) e imposibilidad de utilización de equipos robados mediante la asignación previa de un número de serie a cada estación móvil.

En su componente radio se utiliza la banda de frecuencias de 900 Mhz con el método TDMA (Acceso por multiplexación en el tiempo), que proporciona ocho canales telefónicos en una misma portadora y una codificación de voz a 13 Kbps, destinándose un octavo de tiempo a cada canal. Esta prevista para un futuro una codificación de voz a velocidad mitad, lo que permitiría la utilización de 16 canales por portadora.

1.4.1 ACCESO A SISTEMAS TRUNCADOS

Vamos a ver varias formas de acceso a la interfaz de radio de una forma intuitiva.

Si el número de canales disponibles para todos los usuarios de un sistema de radio es menor que el número de posibles usuarios, entonces a ese sistema se le llama sistema de radio truncado.

El truncamiento es el proceso por el cual los usuarios participan de un determinado número de canales de forma ordenada. Los canales compartidos funcionan debido a que podemos estar seguros que la probabilidad de que todo el mundo quiera un canal al mismo tiempo es muy baja.

Un sistema de telefonía celular como GSM es un sistema de radio truncado, porque hay menos canales que abonados que posiblemente quieran usar el sistema al mismo tiempo. El acceso se garantiza dividiendo el sistema en uno o más de sus dominios: frecuencia, tiempo, espacio o codificación.

1.4.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (FDMA)

FDMA ("Frequency Division Multiple Access") es la manera más común de acceso truncado. Con FDMA, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia. Los canales de frecuencia son muy preciados, y son asignados a los sistemas por los cuerpos reguladores de los gobiernos de acuerdo con las necesidades comunes de la sociedad. Cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema.

Cuantas más frecuencias se disponen, hay más usuarios, y esto significa que tiene que pasar más señalización a través del canal de control. Los sistemas muy grandes FDMA frecuentemente tienen más de un canal de control para manejar todas las tareas de control de acceso. Una característica importante de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.

1.4.3 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA)

TDMA ("Time Division Multiple Access") es común en los sistemas de telefonía fija. Las últimas tecnologías en los sistemas de radio son la codificación de la voz y la compresión de datos, que eliminan redundancia y periodos de silencio y decrementan el tiempo necesario en representar un periodo de voz. Los usuarios acceden a un canal de acuerdo con un esquema temporal.

Aunque no hay ningún requerimiento técnico para ello, los sistemas celulares, que emplean técnicas TDMA, siempre usan TDMA sobre una estructura FDMA. Un sistema puro TDMA tendría sólo una frecuencia de operación, y no sería un sistema útil.

TDMA es un concepto bastante antiguo en los sistemas de radio.

En los sistemas modernos celulares y digitales, TDMA implica el uso de técnicas de compresión de voz digitales, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común utilizando un orden temporal. La codificación de voz moderna, reduce mucho el tiempo que se lleva en transmitir mensajes de voz, eliminando la mayoría de la redundancia y periodos de silencio en las comunicaciones de voz.

Otros usuarios pueden compartir el mismo canal durante los periodos en que éste no se utiliza. Los usuarios comparten un canal físico en un sistema TDMA, donde están asignado unos slots de tiempo. A todos los usuarios que comparten la misma frecuencia se les asigna un slot de tiempo, que se repite dentro de un grupo de slots que se llama trama. Un slot GSM es de 577 μ s, y cada usuario tiene uso del canal (mediante su slot) cada 4.615 ms ($577 \mu\text{s} \times 8 = 4.615 \text{ ms}$), ya que en GSM tenemos 8 slots de tiempo.

1.4.4 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DEL ESPACIO (SDMA)

SDMA ("Space Division Multiple Access") se usa en todos los sistemas celulares, analógicos o digitales. Por tanto, los sistemas celulares se diferencian de otros sistemas de radio truncados solamente porque emplean SDMA. Los sistemas de radio celulares, permiten el acceso a un canal de radio, siendo éste reutilizado en otras celdas dentro del sistema. El factor que limita SDMA es el factor de reutilización de frecuencia (interferencia co-canal).

1.4.5 ACCESO MÚLTIPLE POR SALTOS DE FRECUENCIA (FHMA)

FHMA es un sistema de acceso múltiple digital, en el cual, las frecuencias de las portadoras de los usuarios individuales se varían de forma pseudoaleatoria dentro de un canal de banda ancha. Los datos digitales se dividen en ráfagas de tamaño uniforme que se transmiten sobre diferentes portadoras.

1.4.6 OPERACIONES DÚPLEX

Excepto en situaciones especiales, la información vía radio se mueve en modo dúplex, que significa que para cada transmisión en una dirección, se espera una respuesta, y entonces se responde en la otra dirección. Hay dos formas principales de establecer canales de comunicaciones dúplex.

1.4.7 DÚPLEX POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (FDD)

Debido a que es difícil y muy caro construir un sistema de radio que pueda transmitir y recibir señales al mismo tiempo y por la misma frecuencia, es común definir un canal de frecuencia con dos frecuencias de operación separadas, una para el transmisor y otra para el receptor.

Todo lo que se necesita es añadir filtros en los caminos del transmisor y del receptor que mantengan la energía del transmisor fuera de la entrada del receptor. Se podría usar una antena común como un sistema de filtrado simple. Los sistemas de filtrado se llaman duplexores y nos permiten usar el canal (par de frecuencias) en el modo full-duplex; es decir, el usuario puede hablar y escuchar al mismo tiempo.

1.4.8 DÚPLEX POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDD)

Muchos sistemas de radio móviles, como los sistemas de seguridad públicos, no requieren la operación full-dúplex. En estos sistemas se puede transmitir y recibir en la misma frecuencia pero no en el mismo tiempo. Esta clase de dúplex se llama half-dúplex, y es necesario que un usuario de una indicación de que ha terminado de hablar, y está preparado para recibir respuesta de otro usuario.

1.5 FRECUENCIAS Y CANALES LÓGICOS

GSM utiliza dos bandas de 25 Mhz para transmitir y para recibir (FDD). La banda de 890-915 Mhz se usa para las transmisiones desde la MS hasta el BTS ("uplink") y la banda de 935-960 Mhz se usa para las transmisiones entre el BTS y la MS ("downlink"). GSM usa FDD y una combinación de TDMA y FHMA para proporcionar a las estaciones base y a los usuarios un acceso múltiple.

Las bandas de frecuencias superiores e inferiores se dividen en canales de 200 KHz llamados ARFCN ("Absolute Radio Frequency Channel Number" ó Números de Canales de Radio Frecuencia Absolutos). El ARFCN denota un par de canales

“uplink” y “downlink” separados por 45 Mhz y cada canal es compartido en el tiempo por hasta 8 usuarios usando TDMA.

Cada uno de los 8 usuarios usan el mismo ARFCN y ocupan un único slot de tiempo (ST) por trama. Las transmisiones de radio se hacen a una velocidad de 270.833 kbps usando modulación digital binaria GMSK (“Gaussian Minimum Shift Keying”) con $BT=0.3$. El BT es el producto del ancho de banda del filtro por el periodo de bit de transmisión. Por lo tanto la duración de un bit es de 3.692 ms, y la velocidad efectiva de transmisión de cada usuario es de 33.854 kbps (270.833 kbps/8 usuarios).

Con el estándar GSM, los datos se envían actualmente a una velocidad máxima de 24.7 kbps. Cada TS tiene un tamaño equivalente en un canal de radio de 156.25 bits, y una duración de 576.92 μs , y una trama TDMA simple en GSM dura 4.615 ms. El número de total de canales disponibles dentro de los 25 Mhz de banda es de 125 (asumiendo que no hay ninguna banda de guarda). Dado que cada canal de radio está formado por 8 slots de tiempo, hacen un total de 1000 canales de tráfico en GSM.

En implementaciones prácticas, se proporciona una banda de guarda de la parte más alta y más baja de espectro de GSM, y disponemos tan solo de 124 canales. La combinación de un número de ST y un ARFCN constituyen un canal físico tanto para el “uplink” como para el “downlink”. Cada canal físico en un sistema GSM se puede proyectar en diferentes canales lógicos en diferentes tiempos. Es decir, cada slot de tiempo específico o trama debe estar dedicado a manipular el tráfico de datos (voz, facsímil o teletexto), o a señalar datos (desde el MSC, la estación base o la MS).

Las especificaciones GSM definen una gran variedad de canales lógicos que pueden ser usados para enlazar la capa física con la capa de datos dentro de las capas de la red GSM. Estos canales lógicos transmiten eficientemente los datos de usuario, a parte de proporcionar el control de la red en cada ARFCN. GSM proporciona asignaciones explícitas de los slots de tiempo de las tramas para los diferentes canales lógicos.

Los canales lógicos se pueden separar en dos categorías principalmente: - Los Canales de Tráfico (TCHs) - Los Canales de Control

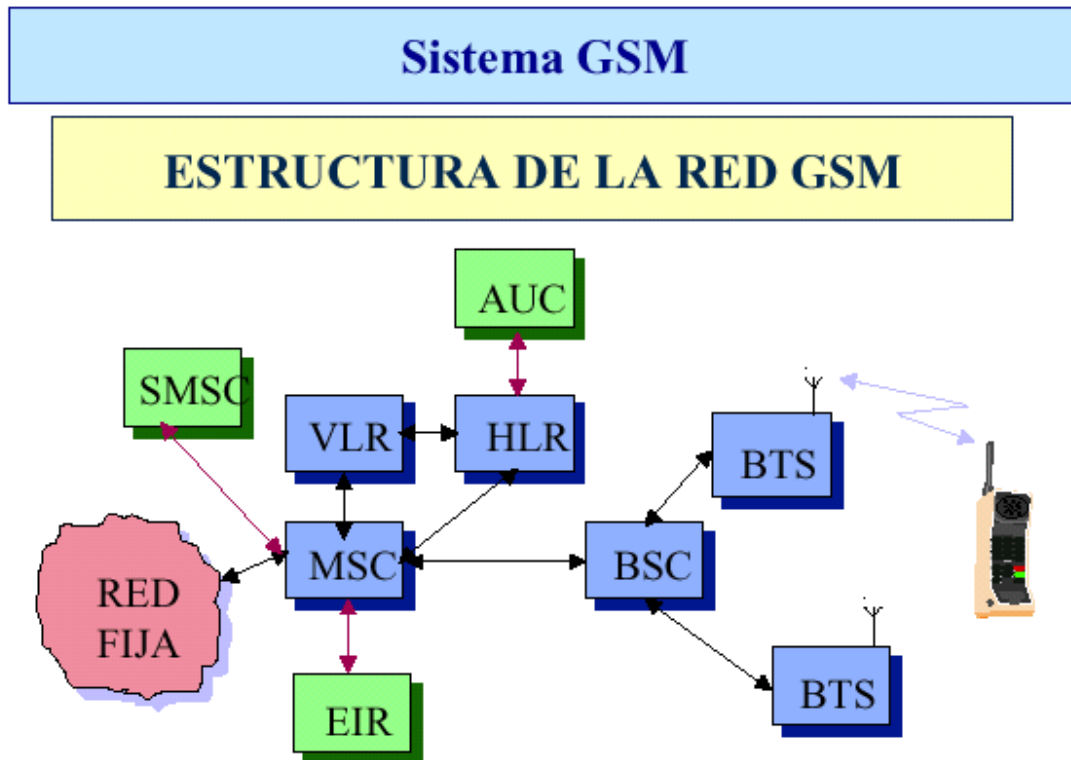
Los TCHs llevan voz codificada digitalmente o datos y tienen funciones idénticas y formatos tanto para el “downlink” como para el “uplink”. Los canales de control llevan comandos de señalización y control entre la estación base y la estación móvil. Se definen ciertos tipos de canales de control exclusivos para el uplink o para el downlink.

Capítulo II

2.1 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.



2.2 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

A) LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES MÓVILES SE CLASIFICAN EN TRES TIPOS

- Básicas
- Suplementarias
- Adicionales

B) 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

C) 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

D) CARACTERÍSTICAS SUPLEMENTARIAS

- Aviso de tarificación
- Control de servicios suplementarios

E) 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

2.2.1 MÓDULO 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
- Estado del SIM (bloqueado o desbloqueado)
- Clave del algoritmo de autenticación
- Algoritmo de Autenticación (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

2.3 SISTEMA DE ESTACION 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 del 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
- Capa 2 (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.

2.3.1 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.

2.3.1 FUNCIONES DE LA BTS

- Gestión de canales radio
- Supervisión de canales libres, y envío de información de estos hacia la BSC
- Temporización de bloques BCCH/CCCH. Edición de mensajes de aviso
- Detección de accesos al sistema por parte de móviles
- Codificación y entrelazado para protección de errores
- Determinación del avance de temporización que hay que utilizar para una comunicación con el móvil
- Medidas de intensidad de campo y calidad de las señales recibidas de los móviles. Recepción de medidas enviadas por los móviles sobre condiciones de intensidad y calidad.
- Opcionalmente la BTS puede realizar un pre-procesamiento
- Construcción de los mensajes de aviso a partir de la información recibida desde la BSC
- Detección de acceso por traspaso de un móvil, y comprobación de la identificación de referencia de este traspaso de acuerdo con la información recibida desde BSC.
- Encriptación de la información de señalización y tráfico.

2.4 CENTRAL DE CONMUTACION MOVIL (MSC)

Es una central de conmutación encargada de todas las funciones de conmutación para las estaciones móviles situadas en su área de influencia (área MSC).

Las principales diferencias de esta central respecto a una central de la red fija, consisten en que esta central debe tener también en cuenta el impacto de las funciones de asignación de los recursos radio y la naturaleza móvil de los usuarios.

Por lo tanto este tipo de central implementa ciertos procedimientos adicionales a los de una central de red fija, como pueden ser por ejemplo la actualización de la posición de las estaciones móviles, y lo que tienen que ver con las funciones de traspaso de llamadas en curso, cuando los móviles se van desplazando entre las células de la red móvil.

2.5 UNIDAD DE INTERFUNCIONAMIENTO (UI)

Es una entidad funcional asociada con la central de conmutación móvil. Esta unidad es la encargada de proporcionar la funcionalidad necesaria para permitir el interfuncionamiento del sistema GSM con las redes fijas (RDSI, RTC, y RTPCP). Las funciones incluidas en esta unidad dependen por lo tanto de los servicios que se implementen y de las redes fijas a las que se conecten.

Su principal cometido es convertir los protocolos utilizados en el sistema GSM a los utilizados en las redes fijas.

2.6 REGISTRO DE POSICION 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 identificador internacional de la estación móvil IMSI
- El número RDSI internacional de la estación MSISDN
- Servicios portadores y teleservicios que el usuario puede usar
- Restricciones de servicios por ejemplo limitación de seguimiento
- Servicios suplementarios que el usuario puede usar y las tablas de parámetros necesarios para dichos servicios.
- Características del equipo móvil utilizado por el usuario

2.7 CENTRO DE AUTENTICACION (AUC)

Es una base de datos, con la misión de controlar a los móviles que se encuentran en su área de influencia.

Este área de influencia puede comprender una o varias MSC.

Cuando una estación móvil aparece en un área de localización 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 Posición Visitado. Si el móvil no estaba ya registrado en otra área de localización dependiente también del mismo VLR es necesario enviar también esta información hacia el HLR del móvil, para indicarle que actualice su posición, y encamine las llamadas recibidas hacia el área donde se encuentra actualmente el móvil.

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

- El identificador internacional de la estación móvil (IMSI)
- El número RDSI internacional de la estación móvil (MSISDN)
- El identificador temporal de la estación móvil (TMSI)
- El identificador local de la estación móvil
- El área de localización donde el móvil se ha registrado.

Esta información es intercambiada entre el HLR y el VLR

El VLR también puede contener los siguientes elementos:

- Parámetros de servicios suplementarios
- Características técnicas de los equipos móviles.

2.8 REGISTRO DE IDENTIFICACION DE EQUIPOS (EIR)

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

- blanca
- gris
- negra

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

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

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

Este registro es consultado cuando un móvil se registra en el sistema, o bien cuando realiza una llamada.

2.9 CENTRO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO (OMC)

Es un sistema de operación que se encarga de las funciones de explotación de una o varias entidades del sistema GSM

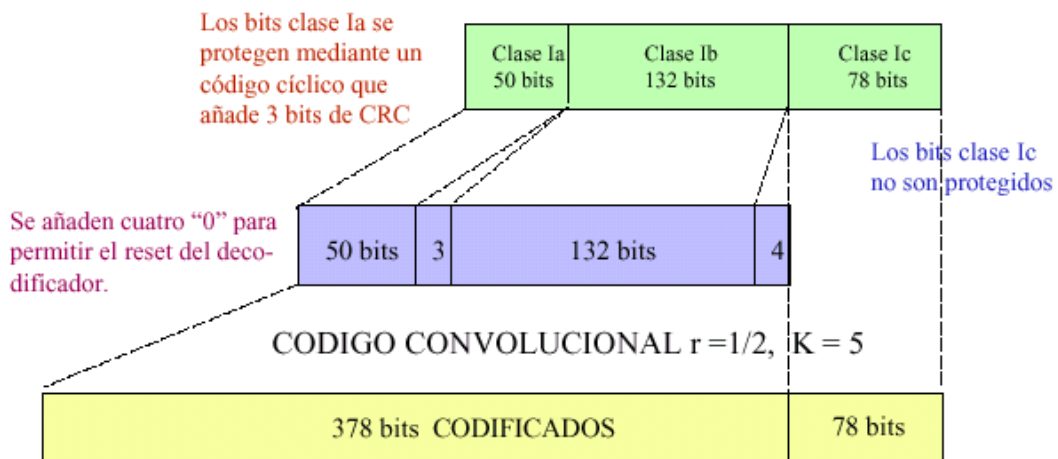
2.10 CENTRO DE GESTION DE RED (NMC)

Es un sistema de operación que constituye la máxima jerarquía dentro del sistema de explotación. De este centro depende todos los demás Centros de Operación y mantenimiento

2.11 ENLACE DE VOZ

Para transmitir la señal de voz por el canal digital del GSM se utiliza un codificador de voz que convierte la voz en una señal digital con la velocidad de 13 kbit/s. El codificador trabaja con bloques de duración de 20 ms, es decir, con bloques de 260 bits.

CODIFICACIÓN DE CANAL SEÑALES VOCALES (2)



2.11.1 CODIFICACIÓN DE CANAL

Dado el hecho de que la EM esté en movimiento y las irregularidades del terreno producen variaciones y desvanecimientos en la señal recibida por el móvil y éstas variaciones producen errores en las transmisiones digitales, en el entorno rural cuando estos desvanecimientos son muy grandes descendiendo demasiado el nivel de señal, en el entorno urbano el nivel de interferencia por canal, puede superar el límite tolerado.

Para proteger la transmisión contra errores, el sistema GSM utiliza un FEC (Forward Error Correction) que consiste en la adición de bits redundantes de paridad a los datos transmitidos, siendo capaz el sistema de detectar que ha habido un error y corregirlo, también utiliza codificación convolucional.

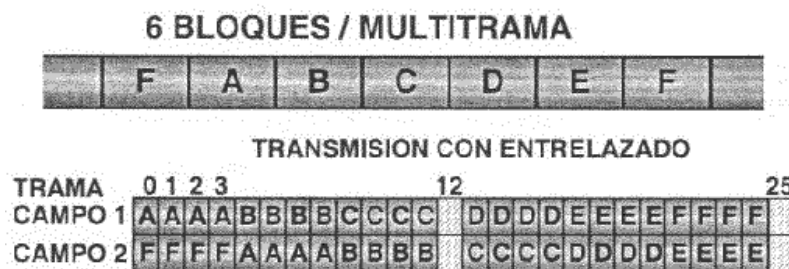
La codificación de voz subdivide los bits del enlace en dos clases, aplicándosele a cada una de ellas una codificación de canal diferente. El resultado de ello es una señal digital de velocidad 22.8 kbit/s. Por tanto, el bloque primario del codificador de voz de duración 260 bits se transforma a la salida del codificador de canal en uno de 456 bits.

Se utiliza una concatenación de dos códigos: un tipo de bloques externo y un código de convolucional interno. El código convolucional interno es único pero utiliza patrón de supresión (puncturing) para adaptarse a los diversos canales. Los bits se entrelazan antes de su transmisión.

EL vocoder utilizado en GSM es del tipo RPE-LTP (Regular Pulse Excited Long Term Prediction). El algoritmo de codificación produce bloques de 260 bits con un intervalo de recurrencia de 20 ms (13 Kbps). Los 260 Bits se clasifican en 1ª, 1b, y 2 según su importancia y sensibilidad frente a errores.

Hay 50 bits de la clase 1a que se codifica con un código de bloques (53,50) convirtiéndose en 53. Estos bits, junto con la 132 bits de clase 1b y 4 bits de cola, se codificaban con un convolucional de tasa $\frac{1}{2}$ y longitud de restricción 5, y se convierten en 378 bits.

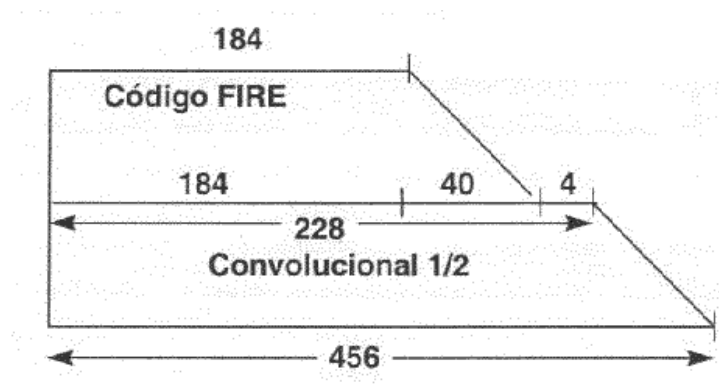
Los 378 bits anteriores junto a los 78 bits de clase 2 forman un grupo de 456 bits que se dividen en 8 bloques de 57 bits que se transmiten entrelazados en 8 semi intervalos de 4 tramas consecutivas. Se utiliza un entrelazado diagonal.



Entrelazados de los bloques de voz

Para codificar los bits de los canales de señalización se organizan en grupos de 184 bits (23 octetos). A estos bloques se les aplica un código FIRE con 40 bits de redundancia que tiene gran capacidad de detección de errores en ráfagas.

A los 224 bits codificados se le añaden 4 bits de cola y el conjunto pasa por un codificador convolucional de tasa $\frac{1}{2}$ obteniéndose 456 bits, que se transmiten con un entrelazado de profundidad 8 extendiéndose a 4 tramas.



Codificación de canal de la información de señalización

La transmisión de datos puede realizarse a 9.6, 4.8, 2.4 kbps. Se realiza en primer lugar una adaptación de velocidad pasándose respectivamente a 12.6 y 3.6 kbps. Con estas velocidades adaptadas se obtienen grupos de 240 y 72 bits, en el periodo de recurrencia de 20 ms, en los campos primero y tercero. En el caso segundo se obtienen 60 bits en el semiperiodo de 10 ms.

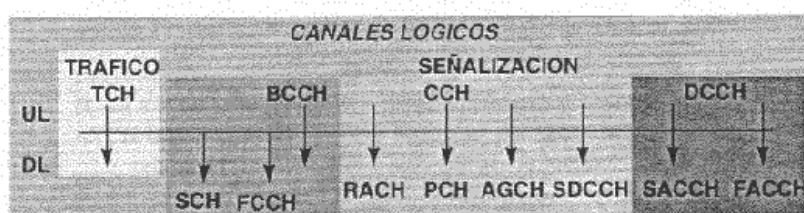
Los bits así obtenidos se pasan por el codificador convolutacional con puncturing para formar grupos de 456 o 228 bits que se transmiten a lo largo de 19 tramas con profundidad de entrelazado de 19 a 24 bits por intervalo.

Capítulo III

3.1 SISTEMAS DE RADIO

3.1.1 CANALES

El sistema radio constituye el enlace físico entre las estaciones móviles y la red fija. Está formado por una serie de canales, que son entidades lógicas y físicas, que sustentan funciones específicas del sistemas.



Canales usados en GSM

Los canales lógicos, mediante relaciones de correspondencia, se materializan en intervalos de tiempo de la trama de una portadora. Hay dos grupos de canales: Canales de trafico (Voz/Datos) y Canales de señalización que a su vez se subdividen en Canales de difusión, Canales comunes y canales dedicados.

3.1.2 CANAL DE TRAFICOS

Un canal de trafico, mediante relaciones de correspondencia, se materializan en intervalos de tiempo asignados a un móvil para efectuar una comunicación. Puede sustentar la transmisión de voz y datos así como canales especiales de señalización asociada a la llamada que ocupan ciertos intervalos de la trama.

En el caso de voz y datos se trata de canales TCH por los que se transmiten en ráfagas. Se han especificado 6 tipos de TCH.

- Voz a velocidad total
- Datos a velocidad 2.4, 4.8 y 9.6 kbps
- Datos a velocidad mitad de 2.4 y 4,8 kbps

Asociados a los TCH o SDCCH para cada comunicación están los canales de control ACCH (Associated Control Chanel) bidireccional. A su vez se dividen en dos clases de canales.

- FACCH, (Fast Associated Control Channel) que sustenta la transferencia de mensajes urgentes como los relativos a handover.
- SACCH (Slow Associated Control Channel) que soporta señalización correspondiente a información recurrente como ajustes de potencia o de trama, medidas de calidad del canal o información de tarificación.

Los canales de tráfico en GSM pueden ser de velocidad completa ("full-rate") o de velocidad mitad ("half-rate"), y pueden llevar voz digitalizada o datos de usuario. Cuando transmitimos a velocidad completa, los datos están contenidos en un ST por trama. Cuando transmitimos a velocidad mitad, los datos de usuario se transportan en el mismo slot de tiempo, pero se envían en tramas alternativas.

En GSM, los datos TCH no se pueden enviar en el TS 0 ("time slot 0") sobre ciertos ARFCNs ya que este TS está reservado para los canales de control en la mayoría de las tramas. Además, cada trece tramas TCH se envía un canal de control asociado lento (SACCH) o tramas "idle".

A cada grupo de 26 tramas consecutivas TDMA se le llama multitrama. De cada 26 tramas, la decimotercera y la vigesimosexta se corresponden con datos SACCH, o tramas "idle". La 26ª trama contiene bits idle para el caso cuando se usan TCHs a velocidad completa, y contiene datos SACCH cuando se usa TCHs a velocidad mitad.

Los TCHs se usan para llevar voz codificada o datos de usuario. Se definen en GSM dos formas generales de canales de tráfico:

- Canal de Tráfico a Velocidad completa (TCH/F). Este canal transporta información a una velocidad de 22.8 kbps.
- Canal de Tráfico a Velocidad Mitad (TCH/H). Este canal transporta información a una velocidad de 11.4 kbps.
- Para transportar voz codificada se van a utilizar dos tipos de canales:
- Canal de tráfico a velocidad completa para voz (TCH/FS). Lleva voz digitalizada a 13 kbps. Después de la codificación del canal la velocidad es de 22.8 kbps.
- Canal de tráfico a velocidad mitad para voz (TCH/HS). Ha sido diseñado para llevar voz digitalizada que ha sido muestreada a la mitad que la de un canal a velocidad completa. En este aspecto GSM se ha anticipado a la disponibilidad de codificadores normalizados de voz a velocidades de unos 6.5 kbps. Después de la codificación del canal, la velocidad es de 11.4 kbps.

Para llevar datos de usuario se definen los siguientes tipos de canales de tráfico:

- Canal de Tráfico a velocidad completa para datos a 9.6 kbps (TCH/F9.6). Lleva datos de usuario enviados a 9600 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22.8 bps.
- Canal de Tráfico a velocidad completa para datos a 4.8 kbps (TCH/F4.8). Lleva datos de usuario enviados a 4800 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22.8 bps.
- Canal de Tráfico a velocidad completa para datos a 2.4 kbps (TCH/F2.4). Lleva datos de usuario enviados a 2400 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22.8 bps.
- Canal de Tráfico a velocidad mitad para datos a 4.8 kbps (TCH/H4.8). Lleva datos de usuario enviados a 4800 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 11.4 bps.
- Canal de Tráfico a velocidad mitad para datos a 2.4 kbps (TCH/H2.4). Lleva datos de usuario enviados a 2400 bes. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 11.4 bps.

3.1.3 CANALES COMUNES DE SEÑALIZACION

Los canales de señalización están formados por dos portadoras, en sentidos ascendente y descendente, cuyos intervalos de tiempo sustentan una serie de canales de control que se clasifican en comunes y dedicados.

Los canales comunes de señalización sirven para regular el acceso de los terminales al sistema. Están permanentemente a disposición de los terminales usando dos portadoras y se dividen en:

3.1.3.1 BCCH

Broadcasting Control Channel, descendente que permite la transferencia de parámetros del sistema e información general de la red, la célula actual y las adyacentes y envío de ráfagas de sincronización. Permiten a la estación móvil “orientarse” en el envío del sistema.

- Canal de Control de "Broadcast" (BCCH)- El BCCH es un canal downlink que se usa para enviar información de identificación de celda y de red, así como características operativas de la celda (estructura actual de canales de control, disponibilidad de canales, y congestión). El BCCH también envía una lista de canales que están en uso en una celda. Desde la trama 2 a la 5 de una multitrama de control están contenidos los datos BCCH.

3.1.3.2 FCCH

Frequency Control Channel, por el que se envía información para sincronización de la portadora en el móvil.

Canal Corrector de Frecuencia (FCCH) - El FCCH es una ráfaga de datos que ocupa el TS0 para la primera trama dentro de la multitrama de control, y que se repite cada diez tramas. El FCCH permite a cada estación móvil sincronizar su frecuencia interna de oscilación a la frecuencia exacta de la estación base.

3.1.3.3 SCH

Synchronization Channel, por donde se usar información de sincronización de trama e identificación de la estación base.

- Canal de Sincronización (SCH) - El SCH se envía en el TS0 de la trama inmediatamente después del FCCH y se usa para identificar a la estación base servidora mientras que permite a cada móvil la sincronización de las tramas con la estación base. El número de trama (FN), que oscila entre 0 hasta 2,715,647, se envía con el código de identificación de la estación base (BSIC) durante la ráfaga SCH. El BSIC es asignado individualmente a cada BTS en un sistema GSM. Dado que un móvil puede estar hasta a 30 km de la BTS, es necesario frecuentemente ajustar la temporización de un usuario móvil particular de forma que la señal recibida en la estación base se sincroniza con el reloj de la estación base.

3.1.3.3 PCH

Pagin Channel, descendente por el que se notifica a la MS de una llamada destinada a la misma.

- Canal de Búsqueda (PCH) - El PCH proporciona señales de búsqueda a todos los móviles de una celda, y avisa a los móviles si se ha producido alguna llamada procedente de la PTSN. El PCH transmite el IMSI (Identificación de Abonado Móvil Internacional) del abonado destino, junto

con la petición de reconocimiento de la unidad móvil a través de un RACH. Alternativamente, el PCH se puede usar para proporcionar envíos de mensajes tipo ASCII en las celdas, como parte del servicio SMS de GSM.

3.1.3.4 RACH

Random Acces Channel, ascendente por donde se cursan peticiones de la MS a la red para el registro o establecimiento de la llamada usando ALOHA. Ranurado.

- Canal de Acceso Aleatorio (RACH) - El RACH es un canal “uplink” usado por el móvil para confirmar una búsqueda procedente de un PCH, y también se usa para originar una llamada. El RACH usa un esquema de acceso slotted ALOHA.

Todos los móviles deben de pedir acceso o responder ante una petición por parte de un PCH dentro del TS0 de una trama GSM. En el BTS, cada trama (incluso la trama idle) aceptará transmisiones RACH de los móviles durante TS0. Para establecer el servicio, la estación base debe responder a la transmisión RACH dándole un canal de tráfico y asignando un canal de control dedicado (SDCCH) para la señalización durante la llamada. Esta conexión se confirma por la estación base a través de un AGCH.

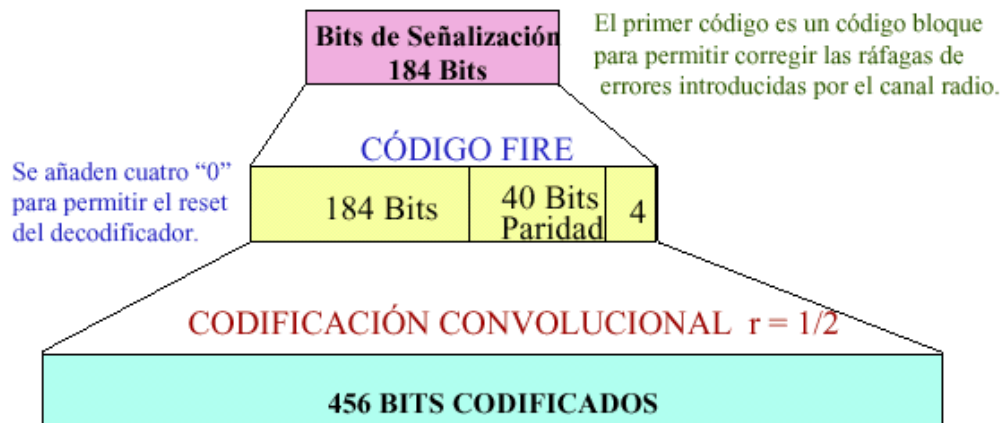
3.1.3.5 AGCH

Acces Grant Channel, descendente usando para la asignación de recursos al móvil que previamente solicitó el establecimiento de comunicación.

- Canal de Acceso Concedido (AGCH) - El AGCH se usa por la estación base para proporcionar un enlace de comunicaciones con el móvil, y lleva datos que ordenan al móvil operar en un canal físico en particular (en un determinado TS y en un ARFCN) con un canal de control dedicado. El AGCH es el último mensaje de control enviado por la estación base antes de que el abonado es eliminado del control del canal de control. El AGCH se usa por la estación base para responder a un RACH enviado por una MS en la trama CCCH previa.

CODIFICACIÓN DE CANAL CANALES DE SEÑALIZACIÓN

Aplica a la señalización transmitida en los canales lógicos BCCH, PCH, SDCCH ó SACCH.



3.1.4 CANALES DEDICADOS DE SEÑALIZACIÓN

Hay tres tipos de canales de control dedicados en GSM, y, como los canales de tráfico, son bidireccionales y tienen el mismo formato y función en el uplink y en el downlink. Como los TCHs, los DCCHs pueden existir en cualquier slot de cualquier ARFCN excepto en el TS0 de los ARFCN de los BCHs. Los Canales de Control Dedicados (SDCCH) se usan para proporcionar servicios de señalización requeridos por los usuarios. Los Canales de Control Asociados Lentos y Rápidos (SACCH y FACCH) se usan para supervisar las transmisiones de datos entre la estación móvil y la estación base durante una llamada.

- **Canales de Control Dedicados (SDCCH)**

El SDCCH lleva datos de señalización siguiendo la conexión del móvil con la estación base, y justo antes de la conexión lo crea la estación base. El SDCCH se asegura que la MS y la estación base permanecen conectados mientras que la estación base y el MSC verifica la unidad de abonado y localiza los recursos para el móvil.

El SDCCH se puede pensar como un canal intermedio y temporal que acepta una nueva llamada procedente de un BCH y mantiene el tráfico mientras

que está esperando que la estación base asigne un TCH. El SDCCH se usa para enviar mensajes de autenticación y de alerta (pero no de voz). A los SDCCH se les puede asignar su propio canal físico o pueden ocupar el TS0 del BCH si la demanda de BCHs o CCCHs es baja.

- **Canal de Control Asociado Lento (SACCH)**

El SACCH está siempre asociado a un canal de tráfico o a un SDCCH y se asigna dentro del mismo canal físico. Por tanto, cada ARFCN sistemáticamente lleva datos SACCH para todos sus usuarios actuales. El SACCH lleva información general entre la MS y el BTS. En el downlink, el SACCH se usa para enviar información lenta pero regular sobre los cambios de control al móvil, tales como instrucciones sobre la potencia a transmitir e instrucciones específicas de temporización para cada usuario del ARFCN. En el uplink, lleva información acerca de la potencia de la señal recibida y de la calidad del TCH, así como las medidas BCH de las celdas vecinas. El SACCH se transmite durante la decimotercera trama (y la vigesimosexta si se usa velocidad mitad) de cada multitrama de control, y dentro de esta trama, los 8 slots se usan para proporcionar datos SACCH a cada uno de los 8 usuarios (ó 16) del ARFCN.

- **Canales de Control Asociados Rápidos (FACCH)**

El FACCH lleva mensajes urgentes, y contienen esencialmente el mismo tipo de información que los SDCCH. Un FACCH se asigna cuando un SDCCH no se ha dedicado para un usuario particular y hay un mensaje urgente (como una respuesta de handover). El FACCH gana tiempo de acceso a un slot “robando” tramas del canal de tráfico al que está asignado. Esto se hace activando dos bits especiales, llamados bits de robo (“stealing bits”), de una ráfaga TCH. Si se activan los stealing bits, el slot sabe que contiene datos FACCH y no un canal de tráfico, para esa trama.

Ejemplo de una llamada GSM

Para comprender cómo se usan los diferentes canales de tráfico y de control, consideremos el caso de que se origine una llamada en GSM. Primero, la estación móvil debe estar sincronizada a una estación base cercana como se hace en un BCH.

Recibiendo los mensajes FCCH, SCH y BCCH, el móvil se enganchará al sistema y al BCH apropiado. Para originar una llamada, el usuario primero marca la combinación de dígitos correspondiente y presiona el botón de “enviar” del teléfono GSM.

El móvil transmite una ráfaga de datos RACH, usando el mismo ARFCN que la estación base a la que está enganchado. La estación base entonces responde con

un mensaje AGCH sobre el CCCH que asigna al móvil un nuevo canal para una conexión SDCCH. El móvil, que está recibiendo en la TS0 del BCH, recibe su asignación de ARFCN y su TS por parte del AGCH e inmediatamente cambia su sintonización a su nuevo ARFCN y TS.

Esta nueva asignación del ARFCN y del TS es físicamente el SDCCH (no el TCH). Una vez sintonizado al SDCCH, el móvil primero espera a la trama SDCCH que se transmite (la espera será como mucho de 26 tramas cada 120 ms, como se muestra en la Figura), que informa al móvil del adelanto de temporización adecuado y de los comandos de potencia a transmitir. La estación base es capaz de determinar el adelanto de temporización adecuado y el nivel de señal del móvil gracias al último RACH enviado por el móvil, y envía los valores adecuados a través del SACCH.

Hasta que estas señales no le son enviadas y procesadas, el móvil no puede transmitir ráfagas normales como se requieren para un tráfico de voz. El SDCCH envía mensajes entre la unidad móvil y la estación base, teniendo cuidado de la autenticación y la validación del usuario, mientras que la PSTN conecta la dirección marcada con el MSC, y el MSC conmuta un camino de voz hasta la estación base servidora. Después de pocos segundos, la unidad móvil está dirigida por la estación base a través del SDCCH que devuelve un nuevo ARFCN y un nuevo TS para la asignación de un TCH. Una vez devuelto el TCH, los datos de voz se transfieren a través del uplink y del downlink, la llamada se lleva a cabo con éxito, y el SDCCH es liberado.

Cuando se originan llamadas desde la PSTN, el proceso es bastante similar. La estación base envía un mensaje PCH durante el TS0 en una trama apropiada de un BCH. La estación móvil, enganchada al mismo ARFCN, detecta su búsqueda y contesta con un mensaje RACH reconociendo haber recibido la página. La estación base entonces usa el AGCH sobre el CCCH para asignar un nuevo canal físico a la unidad móvil su conexión al SDCCH y al SACCH mientras la red y la estación base están conectadas.

Una vez que el móvil establece sus nuevas condiciones de temporización y de potencia sobre el SDCCH, la estación base gestiona un nuevo canal físico a través del SDCCH, y se hace la asignación del TCH.

PROCEDIMIENTO DE REGISTRO Y ACTUALIZACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DEL TERMINAL MÓVIL

CANAL LOGICO	BASE	MOVIL	COMENTARIOS
RACH			Petición de canal
AGCH			Asignación de canal
SDCCH			Petición de actualización del registro del móvil. <i>Se transmite en el canal asignado por AGCH</i>
SDCCH			Petición de autenticación desde la RED
SDCCH			Respuesta de autenticación desde el móvil
SDCCH			Petición de transmisión en modo cifrado
SDCCH			Respuesta a la petición de transmisión en modo cifrado
SDCCH			Confirmación por parte de la red de la localización del móvil. Asignación temporal de identidad (TMSI) y actualización del HLR
SDCCH			Reconocimiento de la asignación desde el móvil
SDCCH			La RED libera el canal de transmisión.

ESTABLECIMIENTO DE LLAMADA DESDE LA ESTACIÓN BASE

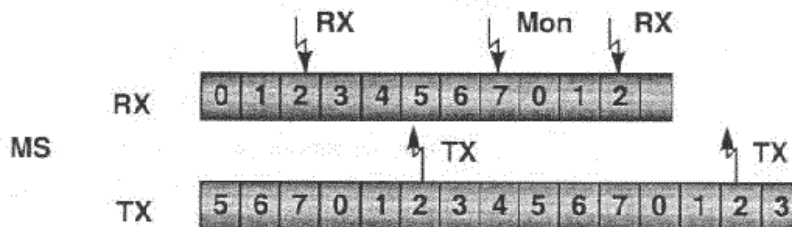
CANAL LOGICO	BASE	MOVIL	COMENTARIOS
PCH			Llamada al movil desde la RED
RACH			Petición de canal por parte del móvil
AGCH			Asignación de canal
SDCCH			Respuesta a la llamada de la RED
SDCCH			Petición de autenticación desde la RED
SDCCH			Respuesta de autenticación desde el móvil
SDCCH			Petición de transmisión en modo cifrado
SDCCH			Respuesta a la petición de transmisión en modo cifrado
SDCCH			Mensaje de inicio de la llamada entrante
SDCCH			Confirmación
SDCCH			Asignación de un canal de tráfico
FACCH			Reconocimiento del canal de tráfico
FACCH			Alerta (ahora el usuario que llama oye el timbre del teléfono)
FACCH			Mensaje de conexión cuando el móvil activa la llamada
FACCH			Aceptación del mensaje de conexión
TCH			Intercambio de datos (voz) entre los usuarios

3.1.5 CANALES FÍSICOS DE TRAMA

Las bandas de frecuencia asignadas al sistema son:

- Enlaces ascendente MS- BS: 890 – 915 Mhz
- Enlaces descendente BS – MS: 935 – 960 Mhz

Estas bandas están divididas en 124 tramas pares de portadoras separadas entre si 200 Mhz, comenzando por el par 890.2 / 935.2 Mhz. Cada BS tiene asignado un cierto numero de portadora variable entre 1 y 15. Posteriormente se habilito una segunda banda (UL de 1710 – 1785 Mhz y DL de 1805 – 1880 Mhz) con 372 pares de portadoras.



Tramas TDMA en GSM

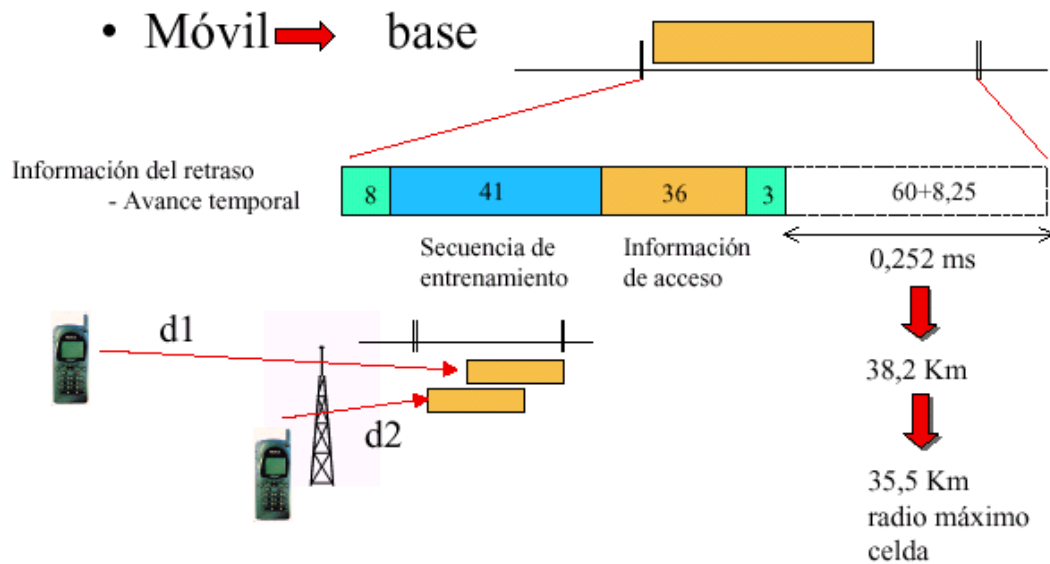
Cada portadora sustenta una trama constituida por 8 intervalos de tiempo TS numerados de 0 a 7. La duración de la trama es de 4.1615 ms y de la de cada intervalo de 0.577 ms. La recurrencia de los intervalos establece cada canal físico. Esta estructura se emplea en los enlaces ascendentes y descendentes pero con un desplazamiento de 3 intervalos para que el móvil transmita y reciba en intervalos de tiempo diferentes y se evite el duplexor de antena. Además el móvil monitoriza la señal de células adyacentes.

3.1.6 RÁFAGAS

La información se transmite dentro de cada intervalo mediante ráfagas de bits, durante un periodo activo de 0.546 ms para dejar tiempos de guarda. La ráfaga comprende 148 bits y hay 8.25 bits de guarda. La velocidad de transmisión es de $(148+8.25) \text{ bits} / 0.577 \text{ ms} = 270.833 = 271 \text{ Kbps}$.

RÁFAGA DE ACCESO (1)

Necesaria para ubicar cada ráfaga en su correspondiente slot



Hay diversos tipos de ráfagas:

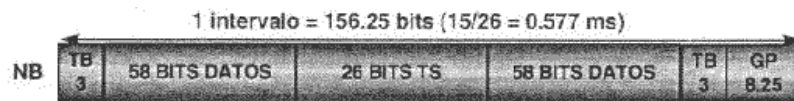
- Ráfaga normal de tráfico NB
- Ráfaga FCCH de corrección de frecuencia FB
- Ráfaga SCH de sincronización SB
- Ráfaga "muda" (dummy) SB
- Ráfaga AGCCH de autorización de acceso AB.

3.1.7 ESTRUCTURA DE RÁFAGAS

La ráfaga de tráfico consta de 148 bits con la siguiente asignación:

- 3 + 3 bits de cabeza-cola (TB) con objeto de ecualizar todos los bits por igual.

- $2 \times 57 + 2 = 116$ bits de datos. De ellos $2 \times 57 = 114$ son de información y los otros 2 son indicadores ("flag") de si un mensaje es de tipo Bm o Dm. Se usan por ejemplo para indicar que un canal TCH pasa a ser señalización.
- 26 bits que constituyen la secuencia de aprendizaje utilizada por el receptor para adquirir la sincronización y analizar las condiciones del canal con objeto de ajustar el ecualizador.
- La velocidad de datos es de $114 \text{ bits} / 4.615 \text{ ms} / \text{ trama} = 24.7 \text{ Kbps}$. El rendimiento del intervalo es de $(114 / 148) \times 100 = 7 \%$



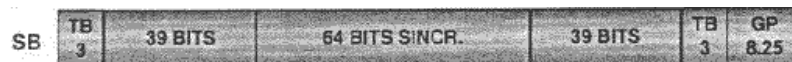
Ráfaga normal en GSM

- La ráfaga de corrección de frecuencia contiene 148 bits de los que se usan 142. Los otros $3 + 3$ son de cabeza.



Ráfagas de Coreccion de Frecuencia en GSM

- La ráfaga de sincronización consta de 2×39 bits y una secuencia de sincronización de 64 bits.



Ráfagas de Sincronización

- La ráfaga de información "muda" consta de 148 bits que se usan para enviar una señal de continuidad sin información.



Ráfaga Muda en GSM

- La ráfaga de acceso tiene 41 bits de sincronización y 36 de información y se usa para enviar mensaje de acceso al sistema desde las MS.



Ráfagas de Acceso en GSM

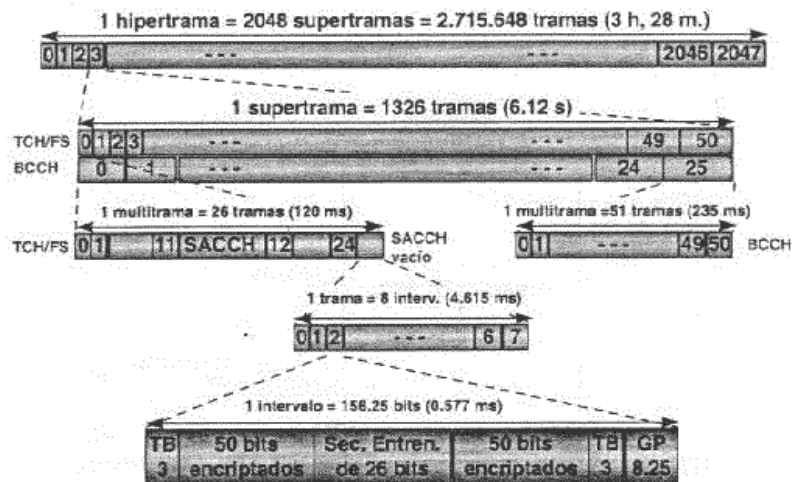
3.1.8 MULTIPLEXION DE LOS CANALES LÓGICOS EN CANALES FÍSICOS

Se han definido 5 tipos de multiplicación de los canales lógicos en canales físicos:

- Canal de tráfico a velocidad completa TCH / F y sus dos canales de señalización asociados SACCH.
- Dos canales de tráfico de velocidad mitad y TCH / H y sus dos canales de señalización asociados.
- Un canal de difusión BCCH y un canal CCCH.
- Ocho canales dedicados independientes SDCCH.
- Cuatro canales de control SDCCH, BCCH y CCCH.

Las disposiciones 1 y 2 son alternativas. Las disposiciones 3,4 y 5 son alternativas. La 5 requiere un solo par de portadoras y se utiliza cuando la capacidad es reducida.

Para realizar la multiplexaciones se utilizan dos tipos de multitrama de 26 y de 51 tramas respectivamente. La multitrama de 26 se utiliza para los canales de trafico y la de 51 para los BCCH, CCCH y SDCCCH.



Multiplexación de canales lógicos en canales físicos

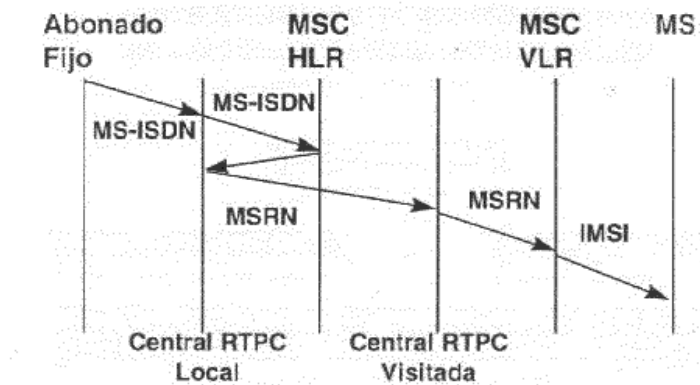
3.2 COBERTURA Y CONTROL

La cobertura supranacional se divide en coberturas nacionales atendidas por las redes nacionales de cada país. Cada cobertura nacional se subdivide en bandas de localización y cada zona difunde su identidad por un canal de señalización de difusión.

Cada móvil explora y supervisa los canales de difusión y se sintoniza en el que reciben mayor señal, devolviendo su identidad bien cuando deba actualizar su posición o bien de forma periódica.

El VLR asigna a la MS un numero de abonado transeúnte MSRN (Mobile Subscriber Roaming Number) que se asocia al numero de identidad del móvil IMSI (International Mobile Subscriber Identity).

Los numero de MSRN-IMSI se llevan al registro local HLR del abonado. Al final del proceso el HLR contiene el numero de guía DN (Directory Number) del abonado, los números indicativos de la identidad y la situación del móvil.



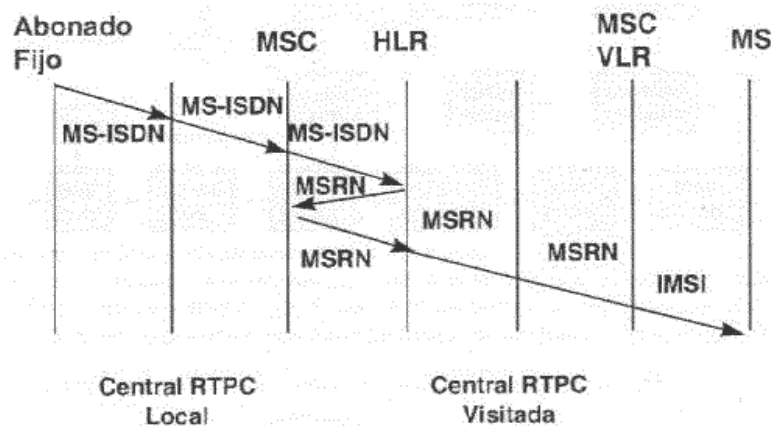
Proceso de llamada de un abonado fijo a uno móvil si el HLR está en la MSC

La llamada de un abonado fijo a un móvil se realiza de la siguiente manera: el abonado marca el numero del móvil a a través de la central de la red telefónica conmutada RPTC alcanza a la MSC.

Si el HLR esta en la MSC devuelve a la RPTC el MSRN y la llamada prosigue a través de la RPTC de otra zona al VLR del MSC donde esta el móvil y desde ella llama a la MS con su IMSI.

Si el HLR no esta en la MSC esta tiene que realizar una consulta al mismo. El HLR devuelve MSRN del móvil y la llamada prosigue como en el caso anterior.

Si el HLR no esta en la MSC esta tiene que realizar una consulta al mismo. El HLR devuelve el MSRN del móvil y la llamada prosigue como en el caso anterior.



Proceso de llamada de un abonado fijo a uno móvil si el HLR no está en la MSC.

Como se pretende que el sistema tenga gran capacidad es necesario llegar a células de dimensiones pequeñas lo que exige un handover (conmutación en curso o traspaso) rápido y preciso. Para ello se monitoriza el medio radioeléctrico en ambos sentidos y en el proceso de conmutación en curso participan la BSS y la MS.

La estructura TDMA permite al móvil manitobrear el canal durante los intervalos en que no reciben mensajes. También cuando no está activo explora los BCCH de las células vecinas y comunica cada 0.5 segundos, a través del ACCH las medidas de señal efectuadas junto con las de potencia y calidad de la propia célula.

Los algoritmos de conmutación en curso y control de potencia residen en el lado de la red, la cual a partir de la información suministra por la MS conoce su situación respecto a las células próximas sin necesidad y que se instale equipos de medición en la propia BS.

3.3 ASIGNACIÓN DE CANALES

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 contiguas, pero si en otras mas alejadas. El numero de veces que un canal puede ser reutilizado es mayor cuanto mas 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 si o con centro de conmutación con acceso a la red telefónica publica, 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 esté 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.

3.4 OTROS SISTEMAS DE SEGUNDA GENERACIÓN

La tabla adjunta resume las características mas importantes de los sistemas celulares digitales de segunda generación lo que permite ver sus similitudes y diferencias respecto al GSM.

SISTEMA	GSM	ADC	JDC
Met. Acceso	TDMA	TDMA	TDMA
Sep Portadora	200	30	25
Usr / Portadora	8 (16)	3	3
Modulación	GMSK	P/4DQPSK	P/4DQPSK
Caudal voz	13 (6.5)	8	8
Trama voz	20	20	20
Cod. Canal	Convoluc	Convoluc	Convoluc
Caudal canal voz	22.8	13	11.2
Trama TDMA	4.6	20	20
Caudal / portadora	270	48	42
Met. Diversidad	Entrelazado Salto frecuen	Entrelazado Div antenas	Entrelazado Div antenas
Bw canal vocal	25(12.5)	10	8.3

C/ I necesaria	11 9 con FH	16 12 div antenna	17 13 div antenna
Met Handoff	MAHO	MAHO	MAHO

3.5 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN

Los esquemas de modulación continua de fase se usan en los canales móviles por su robustez frente al fading y la interferencia. Se obtiene una gran resistencia a la interferencia si se usa un índice de modulación alto y poco filtrado, lo que mantiene bajos los cambios de fase producidos por las interferencias frente a los debidos a la modulación. Pero un índice de modulación alto requiere un ancho de banda de fase mejor es la eficiencia espectral. Extendiendo los cambios de fase, con pendientes inicial y final cero, sobre tres o cuatro intervalos de modulación da lugar a los sistemas de respuesta parcial.

El sistema GMSK es representativo de esta familia. Deriva del sistema MSK, en el que los cambios de fase entre periodos consecutivos es lineal a tramos, lo que produce discontinuidad en la derivada de la fase o sea en la frecuencia instantánea. Esto ensancha el espectro, pero puede suavizarse la fase usando un filtro Gussiano y así recuperar eficiencia espectral.

El proceso de conversión de una señal en banda base a una señal en FI o RF para transmisión es la modulación digital. El proceso inverso, demodulación digital, se lleva a cabo en recepción mediante detección coherente, diferentemente coherente o no coherente.

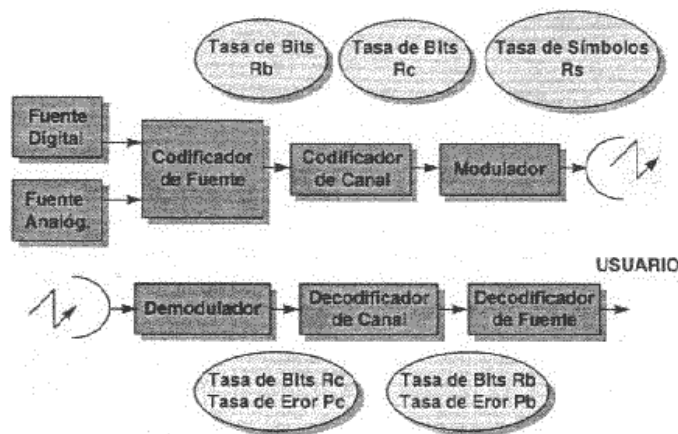


Diagrama de bloques de un sistema de transmisión digital

En detección coherente se requiere un circuito de recuperación de portadora y de reloj que no son necesarios en los receptores diferenciales o no coherentes por lo que estos son mas sencillos. Pero la detección coherente proporciona mejores presentaciones de tasa de error para la misma relación portadora a ruido.

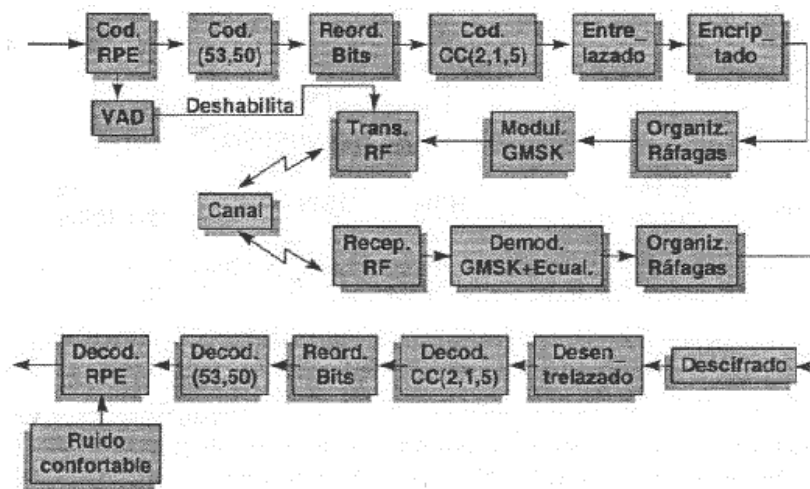


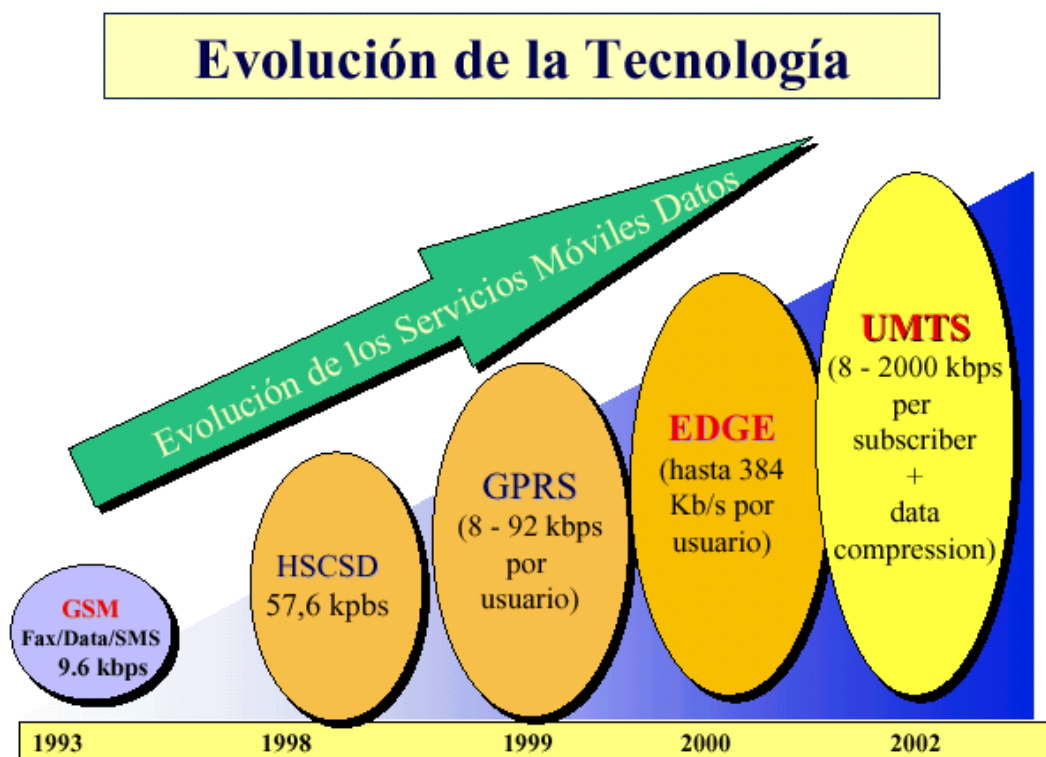
Diagrama de bloques del sistema de transmisión de voz de GSM

La elección de la técnica de modulación debe tener en cuenta la eficiencia de potencia y la eficiencia espectral. Las técnicas eficientes en potencia proporcionan probabilidades de error bajas con relaciones portadora a ruido bajas. Las técnicas espectralmente eficientes son capaces de transmitir regímenes binarios altos por ancho de banda (2,3 o mas bps/hz).

En los sistemas móviles se requieren sistemas espectralmente eficientes, con eficiencias modeladas debido a la "dureza" del entorno móvil. Los esquemas utilizados son el GSM en Europa y el DQPSK en USA.

3.6 VISIÓN GENERAL DEL GSM Y SU PENETRACIÓN EN EL MUNDO

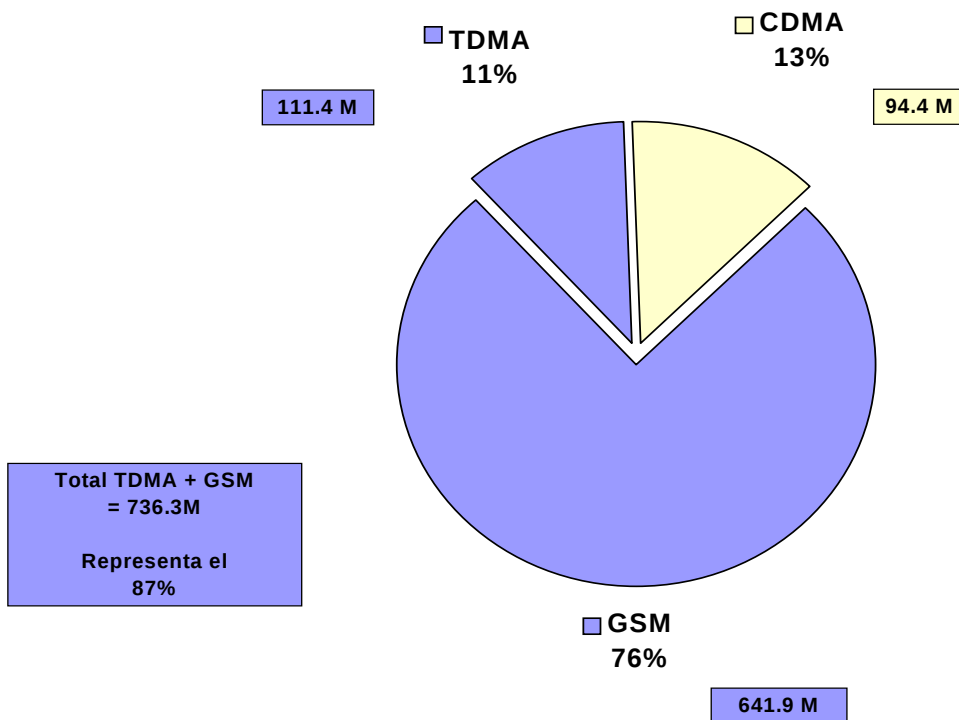
Cellular technology	Generation	Data transmission capacity
AMPS	1G	34 Kps
GSM	2G	56 Kps
CDMA (IS-95B)	2.5G	64 Kps - 140 Kps
CDMA 2000	3G	2 MBps



Grandes compañías y gobiernos en todo el mundo se empeñan en perseguir la seguridad a través de la oscuridad: consideran que ocultando los detalles de cómo funcionan sus algoritmos criptográficos conseguirán aumentar la seguridad global de sus sistemas. Nada más lejos de la realidad. En estas situaciones, lo que inevitablemente ocurre es que el desarrollo de los algoritmos de protección de la confidencialidad se deja en manos de un equipo de ingenieros y técnicos que lo llevan a cabo de la mejor manera que saben y que, sin duda alguna, superan con éxito los ataques convencionales, ofreciendo una seguridad satisfactoria a primera vista.

Sin embargo, para contar con mayores garantías de que un algoritmo o protocolo

NUMERO DE SUSCRIPTORES EN EL MUNDO DE TECNOLOGIA CELULAR DIGITAL



Source: EMC World Cellular Database, Dec. 2001

es seguro, no basta con que sea revisado por un equipo de seguridad a sueldo. Es absolutamente imprescindible que se publique en revistas científicas, siendo accesible a todo aquel interesado en estudiar su robustez.

Sólo así, sometiéndose al público escrutinio de la comunidad académica, se puede reunir un equipo de investigación de cientos o miles de expertos que trabajarán durante meses o años en la búsqueda de fallos y vulnerabilidades

Ninguna gran empresa ni gobierno puede permitirse una fuerza humana de semejantes dimensiones. Sólo los algoritmos de dominio público que superan durante años el análisis e indagación de profesionales de la criptografía se pueden atacarlos (lo cual no significa que no existan, sino simplemente que en el estado actual de evolución de las matemáticas, la informática y la teoría de números no se conocen vías de ataque eficaces). considerar “seguros”, en la medida en que no se conoce ningún medio de

Microsoft ha protagonizado recientemente varios ejemplos patéticos de sistemas de seguridad irrisoria desarrollados por la propia empresa, dando la espalda a algoritmos y protocolos de dominio público ampliamente extendidos y probados.

En consecuencia, algunos de sus productos, aparentemente seguros porque nadie conoce sus mecanismos internos, basan su seguridad en unos algoritmos criptográficos endebles o incluso triviales de resolver, como ha sido el caso, casi humorístico, de la protección de las contraseñas en máquinas con Windows CE, que utilizaban como algoritmo criptográfico una suma exclusiva XOR de los caracteres de la contraseña con la palabra Pegasus (nombre de la primera generación de sistemas operativos Windows CE).

El caso de las debilidades de PPTP, protocolo de “tunelado” punto a punto se para asegurar las conexiones sobre enlaces TCP/IP, reseñadas por el famoso criptógrafo Bruce Schneier, ilustra nuevamente que el secretismo sólo sirve para retrasar lo inevitable: el ataque con éxito a un sistema que no ha sido públicamente estudiado, sino obcecadamente mantenido en secreto.

Por su parte, el estándar de telefonía móvil digital GSM tradicionalmente ha basado su seguridad en la fórmula oscurantista: ocultar los algoritmos y difundir mentiras para crear en los usuarios la sensación de privacidad y confidencialidad.

Durante años se han mantenido en secreto sus algoritmos: A3, para autenticación de usuarios ante la red; A8, para derivación de claves de sesión; y A5, para cifrar el contenido de la conversación extremo a extremo. Estos nombres no son más que etiquetas para denominar a los algoritmos, cuya elección e implantación detallada queda al libre albedrío de cada operador en el caso de los dos primeros.

Sin embargo, al suministrarse en el estándar un algoritmo de referencia, el COMP128, y recomendarse la adopción del mismo algoritmo para facilitar operaciones como el “roaming”, resulta dudoso que existan muchas redes GSM que hayan desarrollado los suyos propios.

A lo largo de los últimos años han ido saliendo a la luz una serie de datos, negados sistemáticamente por las operadoras y organismos encargados del desarrollo de GSM, que han puesto de manifiesto el engaño y manipulación a que se encontraban sometidos los clientes.

Uno de los más controvertidos fue la constatación de que en las claves del algoritmo A5, utilizado para cifrar las conversaciones y preservar así su

confidencialidad, teóricamente de 64 bits de longitud, en realidad sólo se utilizan 54, reduciendo por tanto 1024 veces el tiempo necesario para realizar un ataque de fuerza bruta sobre él.

Este debilitamiento deliberado se conjetura pueda deberse al afán orwelliano de los gobiernos por espiar a sus ciudadanos, tarea drásticamente facilitada por esta reducción aparentemente intencionada en la seguridad de GSM.

Más aún, sin necesidad de limitar el espacio de claves, poco a poco se fue filtrando información acerca de los algoritmos concretos utilizados en A3 y A8, que resultaron ser variantes de COMP128, que posee importantes debilidades y fallos de diseño, como revelaron los estudios posteriores realizados por un grupo de criptógrafos.

Una publicación de un artículo acerca de la posibilidad de clonar tarjetas SIM (que identifican al usuario ante la red, hecho fundamental para saber a quién cobrar la factura de la llamada), destapó de nuevo la polémica en torno a la seguridad real o fingida de GSM.

Recientemente, dos investigadores israelíes, Alex Byriukov y Adi Shamir (uno de los más reputados criptógrafos del mundo, creador junto a Rivest y Adleman de RSA, de ahí el nombre del algoritmo), han descubierto nuevos fallos en la seguridad de GSM que les permiten descifrar las conversaciones cifradas con A5/1 ¡en menos de un segundo! reabre el debate acerca de la verdadera fortaleza de GSM frente a escuchas ilegales y uso fraudulento de sus tarjetas SIM.

Organizaciones como la GSM Association perseveran en la negación de los hechos y en recalcar la seguridad sin parangón de GSM, ciegos a los esfuerzos criptoanalistas de investigadores de todo el mundo, que lenta pero sistemáticamente van obteniendo su fruto.

De momento, la dificultad de reproducir estos ataques, que exigen costosos recursos computacionales y equipos de telecomunicaciones muy sofisticados, como los escáneres digitales, de precio muy elevado, cuando no ilegales en muchos países, está frenando la comisión generalizada de delitos de escuchas y llamadas fraudulentas a cargo de otros abonados de la red. Sin embargo, mientras la industria GSM se empecine en el secretismo y en negar los riesgos reales que investigadores de todo el mundo descubren regularmente, llegará el día en que con modestos recursos se podrá escuchar cualquier conversación o timar a las operadoras y otros usuarios.

Entonces los costes para reparar el boquete serán formidables, por no haberse querido tapar a tiempo los pequeños agujeros. No habrá que esperar mucho antes de que se demuestre que el oscurantismo es la mejor fórmula... ¡para el fracaso más estrepitoso!

- **A3: Autenticación de la tarjeta SIM ante la red GSM**

A5/1 y A5/2: Algoritmos de cifrado de voz entre el teléfono y la estación base GSM.

- **A8: Algoritmo de generación de clave para los algoritmos A5.**

En realidad estos algoritmos “no existen”. En el estándar GSM esos nombres se emplean como “receptáculos” a la hora de definir posibles algoritmos a emplear.

No obstante, en aras de la portabilidad y para permitir el “roaming” de los teléfonos entre diferentes redes GSM, la mayoría de las redes digitales han desplegado los mismos algoritmos.

Para A3 y A8 se suele emplear el algoritmo COMP128, tristemente conocido por su bajo nivel de seguridad y por permitir, por ello, la clonación relativamente simple de tarjetas SIM.

Por si sus debilidades implícitas no fueran suficientes, se ha probado que 10 de los 64 bits de la clave son siempre cero, probablemente para facilitar el ataque por parte de agencias gubernamentales, cuerpos de seguridad, espionaje, etc. Una puerta trasera institucional en toda regla.

Dado que COMP128 se usa en casi todas (no conocemos ninguna que no lo haga, a decir verdad) las implementaciones de A8, y que A8 se emplea para generar las claves de cifrado para A5, es obvio que si un atacante puede clonar un SIM, puede no solo hacerse pasar por un usuario GSM legítimo ante la red, sino que también podrá escuchar sus conversaciones.

La novedad de estos días, no obstante, consiste en que es sencillo y factible atacar directamente al algoritmo A5/1, sin necesidad de atacar A3/A8 previamente. Es más, el ataque puede llevarse a cabo en tiempo real. Para ello, Alex Biryukov y Adi Shamir (la ‘S’ de RSA) emplean un ordenador personal con 128Mbytes de RAM y dos discos duros de 73 GB (IBM fabrica discos duros de esta capacidad, por ejemplo).

Para ello, se escucha una conversación telefónica GSM, intentando buscar una serie de patrones en el cifrado. La probabilidad de que aparezcan dichos patrones crece a medida que recibimos la conversación, y al cabo de apenas un par de minutos la probabilidad de encontrarlos es casi una certeza. Por eso en muchos medios se dice que es necesario escuchar la conversación dos minutos; los patrones pueden aparecer en cualquier momento, pero tras dos minutos es casi seguro que habrán aparecido ya.

Una vez encontrado el patrón, se realiza una exploración de medio segundo en los discos duros, y se obtiene la clave de cifrado de la conversación. Una vez localizada esa clave, se puede descifrar la conversación de forma trivial, incluyendo lo que se haya dicho durante el tiempo de “búsqueda”.

El algoritmo cuyo ataque se ha descrito aquí es el A5/1, la versión europea. Existe otro algoritmo, A5/2, empleado en la versión GSM para Asia y Oceanía, bastante más sencillo de atacar (sólo requiere realizar unas 2^{16} operaciones, perfectamente realizables en tiempo real). Los detalles del ataque fueron publicados el pasado Agosto.

Resulta muy interesante leer el borrador original del ataque, y comprobar que éste es posible debido a sutilezas en la estructura del criptosistema A5/1. Para ello sólo existen dos explicaciones:

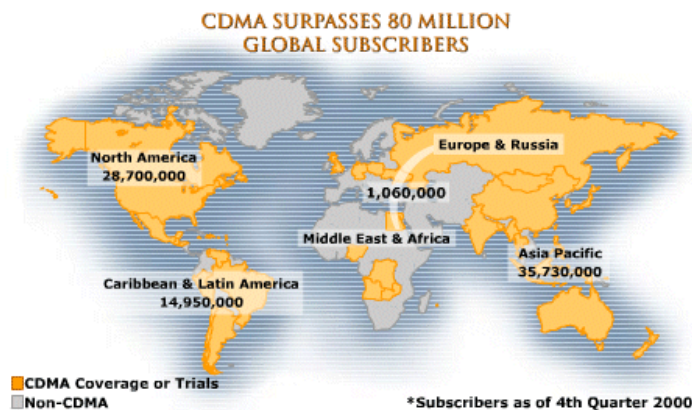
La primera de ellas es que, al haber sido un algoritmo desarrollado de forma privada, no se vio beneficiado del estudio masivo que hubiera tenido si hubiera sido puesto a disposición del colectivo universitario e investigador mundial. Colectivo que hubiera encontrado deficiencias, como acaba de hacer, antes de que el sistema se hubiese desplegado comercialmente. Pero esa aparente negligencia contrasta con el hecho de que ligeras variaciones en el algoritmo producen sistemas mucho más fáciles de atacar, lo que da a entender que los desarrolladores originales conocían muy bien su trabajo y diseñaron A5/1 y A5/2 a conciencia. Esta tesis está abonada también por el hecho de que 10 de los 64 bits de la clave A5 se fijan siempre a cero de forma intencional, como una medida de debilidad extra.

Una vez que está clara la intención de crear algoritmos “atacables”, queda por explicar la razón para ello. Dado que el cifrado sólo se emplea entre el teléfono y la estación base, es evidente que las fuerzas de seguridad pueden interceptar cualquier comunicación sencillamente empleando una orden judicial que les dé acceso a la estación base, donde la conversación es accesible en “claro”, es decir, descifrada. ¿Para qué se requiere, entonces, acceso a la conversación “en el aire”? La respuesta es obvia: para poder realizar escuchas ilegales. Y no sólo la policía, sino también los servicios de espionaje y quien sabe qué otros colectivos con dudosas intenciones.

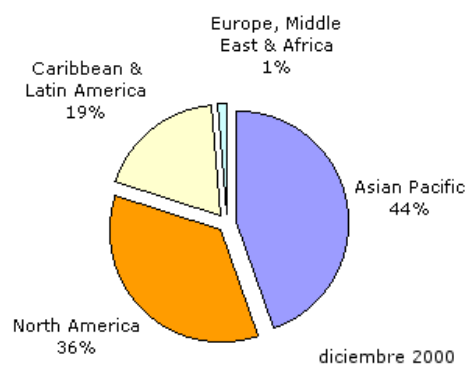
La respuesta del grupo GSM no se ha hecho esperar. Según ellos, no se puede capturar una conversación en el aire debido a que la transmisión va saltando de frecuencia. Se hace así para evitar interferencias y problemas con la multipropagación. Pero dado que un teléfono GSM puede realizar los saltos de frecuencia de forma perfectamente sincronizada (sino, el sistema no funcionaría), es obvio que pueden construirse sistemas electrónicos que realicen esa misma función.

A pesar de lo que diga el grupo GSM, como Ingeniero de Telecomunicación puedo decir que con ese artículo y los documentos publicados de forma abierta por la ETSI, cualquiera con recursos puede construirse un “seguidor de conversaciones” GSM. Y con ese equipo y el artículo de Alex Biryukov y Adi Shamir, escuchar conversaciones GSM es un juego de niños.

3.7 ANALISIS COMPARATIVO CON CDMA



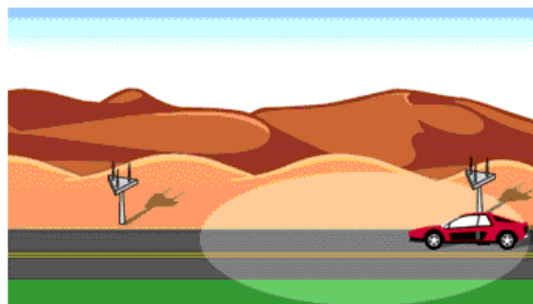
La tecnología CDMA (Code Division Multiple Access), basada en el estándar IS-95 CDMA, para proporcionar servicios de alta calidad, fax, datos y voz. Este estándar parte de los métodos de transmisión digital patentados por QUALCOMM en los cuales los usuarios comparten tanto tiempo como frecuencia. Cada uno de ellos posee una función de código que sólo debe conocer el dueño y los usuarios autorizados para recibir información.



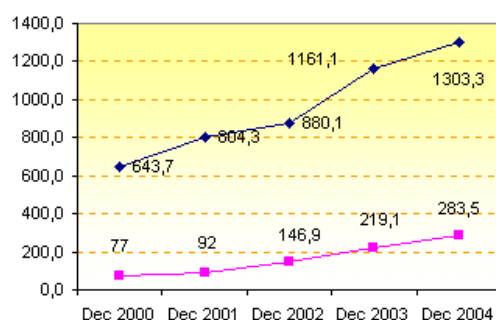
Distribución CDMA en Países

Esta función de código consiste en un pseudo-ruido (PN) o código digital compuesto de "chips" (cada bit independiente dentro del código PN). El código se añade a la información y es modulado con la portadora. Un código PN idéntico se utiliza en el receptor para correlar ambas señales. Las funciones PN son ortogonales entre sí y su correlación cruzada en la práctica es muy baja con lo cual señales que ocupan el mismo ancho de banda con distinta función de código pueden transmitirse simultáneamente sin interferirse (diversidad en códigos).

El receptor correla el conjunto de señales recibidas con la misma función. Así las señales son separadas, aceptando únicamente la energía de la señal procedente del circuito deseado. Las señales no deseadas se ignoran, siendo procesadas como ruido. La inmunidad al ruido se garantiza gracias al ensanchado de espectro de la señal de información mediante su código. Para transmitir la información se utiliza un ancho de banda mucho mayor del necesario con lo cual el sistema CDMA puede rechazar las señales interferentes en entornos de mucho ruido.



IS-95 se basa en este esquema para permitir a varios usuarios compartir el mismo canal de transmisión. CDMA proporciona un aumento de capacidad si lo comparamos con FDMA (Frequency Division Multiple Access) aunque también utiliza mayores bandas de frecuencia. Por otro lado CDMA permite que se exceda el límite de capacidad predicho con solo una ligera degradación de la comunicación (esto es así porque el límite en capacidad de CDMA viene dado por la interferencia creada en el propio sistema) mientras que TDMA y FDMA son sistemas limitados en ancho de banda.



Evolución del CDMA

Existen empresas que han adaptado esta combinación de FDMA con CDMA y modulación de espectro ensanchado que lo capacita para dar servicio a múltiples usuarios simultáneamente y compartir sus bandas de frecuencias con otros sistemas CDMA. Todo esto combinado con la diversidad de caminos ofrecida por la variedad de satélites da lugar a una mayor calidad de las llamadas y menos caídas durante el hand off (se explica a continuación) entre satélites.

HAND OFF es el proceso de transferir la llamada de un usuario de un satélite a otro. En Globalstar puede ser de dos tipos:

- **Soft Hand Off:** Dos o más señales recibidas a través de distintos enlaces son demoduladas simultáneamente, combinadas, y decodificadas por la misma entidad. Se caracteriza por iniciar las comunicaciones utilizando un nuevo piloto para la misma frecuencia CDMA antes de terminar la comunicación con el antiguo piloto sin interrumpir por tanto la llamada. Este hand off tiene lugar cuando el terminal de usuario opera en el canal de tráfico.
- **Hard Hand Off:** La entidad receptora deja de demodular y decodificar la información transmitida en un enlace y comienza a demodular y decodificar la información transmitida en otro enlace con posible pérdida de información. Se caracteriza por una desconexión temporal del canal de tráfico al cambiar el terminal de usuario de frecuencia.

La velocidad del canal básico de usuario es de 9.6 kb/s. Esto es extendido a un velocidad del canal de "chips" de 1.2288 Mchips/s (con un factor de ensanchado total de 128) utilizando una combinación de técnicas. Las señales de espectro ensanchado transmitidas por un gateway (explicada a continuación) se denominan canales CDMA forward (de ida) y las señales que reciba irán encapsuladas en canales CDMA return (de vuelta).

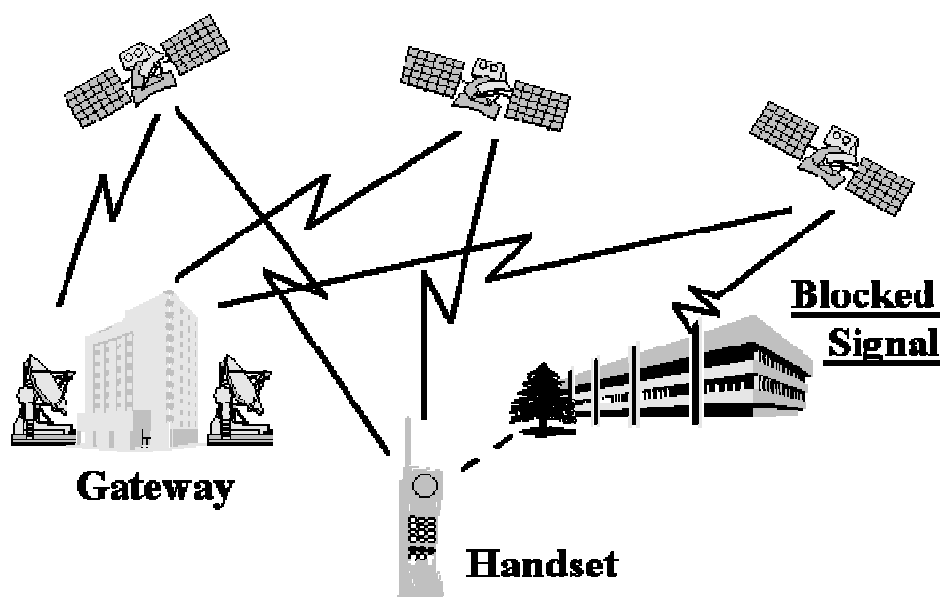
Gateway; La Pasarela es una parte integral del Segmento Terrestre,



el cual incluye las Pasarelas, Centros de Control de Operaciones Terrestres (GOCC), Centros de Control de Operaciones Satélite (SOCC) y la red de datos Globalstar. Las estaciones Pasarela de Globalstar funcionan como puntos de interconexión entre la constelación de satélites Globalstar y las redes de telecomunicaciones terrestres existentes. Cada terminal de usuario se comunicará por medio de un satélite a una pasarela, que a su vez conectará a las redes de telecomunicación existentes

Las estaciones pasarela consisten en sofisticados terminales de seguimiento de satélites y están localizadas en lugares emplazados estratégicamente para mejorar el optimizado servicio al coste más bajo posible.

Uno de los beneficios ofrecidos por las pasarelas es que combinan señales de diferentes satélites para proporcionar comunicaciones invioladas. Si una señal llega a estar bloqueada hacia un terminal de usuario debido a construcciones o terrenos, la pasarela utiliza diversidad de caminos (path diversity) mediante un satélite que no se encuentre bloqueado. Por esto, la pérdida de la ruta hacia un satélite individual no resultará una ruptura en las comunicaciones. El bloqueo de cualquier señal de un servicio sólo satélite, es compensado con la recepción de señales de otros satélites aumentando la función del sistema Globalstar.



La Pasarela está diseñada de forma modular para proporcionar flexibilidad con el fin de crecer paso a paso según la demanda del mercado. La Pasarela Globalstar puede ser compartida por proveedores de servicio múltiple que pueden compartir inversión en equipo común. Este diseño proporciona seguridad frente a otros proveedores de servicios compartiendo la pasarela y se prevee una expansión así como un aumento de ingresos. Se espera que las pasarelas cuesten de 2 a 5 millones de dolares, dependiendo del número de clientes a los que proporcione servicio cada pasarela, y asumiendo que las pasarelas estarán localizadas en sitios donde existan celulares ú otro switch de telecomunicaciones apropiado.

Cada nación con al menos una pasarela dentro de sus fronteras,tendrá control completo sobre el sistema de acceso de los usuarios que se encuentren en su territorio.



Una sólo pasarela se espera que sea capaz de proporcionar cobertura fija sobre un área más extensa que Arabia Saudí, y cobertura móvil sobre un área casi tan amplia como Europa Occidental. De esta forma, la cobertura total con base terrestre de virtualmente todas las zonas inhabitadas del globo, puede ser lograda con menos de 100 pasarelas.

Los socios que comprenden Globalstar's Limited Partnership han firmado convenios para la compra de 35 pasarelas para ser instaladas por todo el mundo. Estos pactos, que totalizan aproximadamente 275 millones de dólares, son un gran empuje para Globalstar y representan aún además un compromiso de los socios de Globalstar de tener pasarelas operativas preparadas para proporcionar servicio Globalstar en el último trimestre de 1998. Las primeras 4 pasarelas están a punto de ser acabadas en Aussaguel (Francia), Yejou (Corea del Sur), Dubbo (Australia) y Clifton (Tejas,EEUU).

Características :

- Interfaces estándar T1/E1 para redes existentes PSTN/PLMN.
Interfaz de señalización programable para la interconexión a infraestructura local.

Señalización R1,R2 y SS7.

Coste de equipo común compartido por más de 16 proveedores de servicio.

Seguridad entre los proveedores de servicio compartiendo la pasarela.

- Servicios Seamless para roamers globales, GSM y AMPS.
- Monitorización remota y operaciones.
- Encriptación para seguridad de voz y señalización.
- Diversidad disponible para todas las llamadas.

se denominan canales CDMA forward.

Normalmente en un canal CDMA forward reside la señal de espectro ensanchado emitida por el gateway. En la figura se observa la asignación de canales. De 128 canales disponibles se utiliza un canal piloto, un canal de sincronización, 7 canales para paging como máximo y 119 canales de tráfico.

Un mismo gateway utiliza múltiples canales forward colocando cada uno de ellos en una frecuencia distinta. La ristra de bits de información se codifica utilizando uno de los 64 códigos convolucionales de Walsh.

El canal piloto se transmite continuamente por el gateway y es utilizado por los terminales de usuarios operativos en el área de cobertura de éste para sincronizarse con el canal forward (de ida), para proporcionar una fase de referencia para demodulación coherente y para suministrar referencias de señales utilizadas en caso de producirse un hand off.

El canal piloto genera un código de Walsh todo a ceros que se combina con un código corto utilizado para separar señales de distintos gateways y distintos satélites. El terminal de usuario monitoriza este canal constantemente comprobando el nivel de señal.

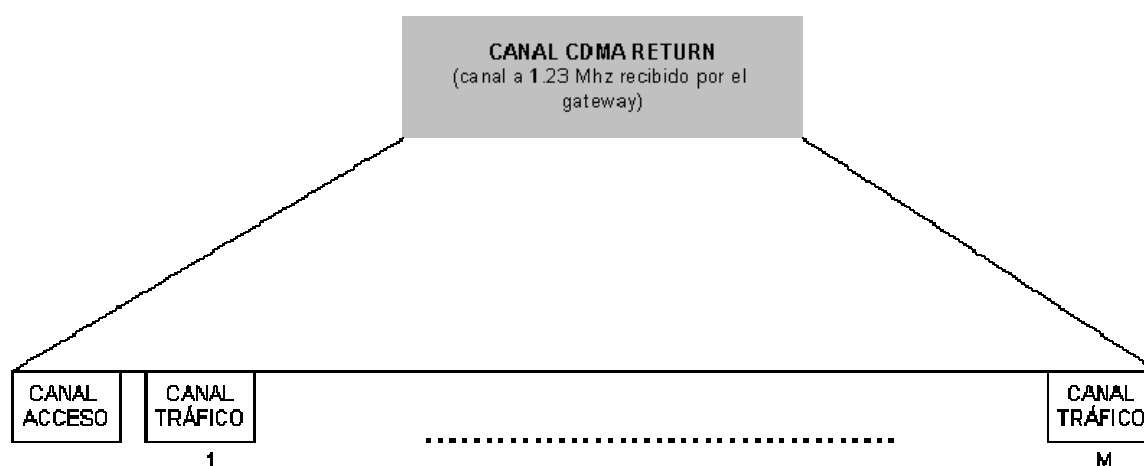
Gracias a la señal piloto se obtiene la que identificación del camino que sigue una señal.

El canal de sincronización es una señal modulada en espectro ensanchado utilizada por los terminales que operan en el área de cobertura del gateway para adquirir el sincronismo inicial. Este canal genera una sucesión de datos a 1200 bps que incluye datos de tiempo, la identificación del gateway transmisor y el canal de paging asignado. Todo esto se codifica de forma convolucional y se somete a un entrelazado por bloques para combatir fading rápido. Los 4800 símbolos por segundo obtenidos son añadidos al código Walsh de 1.2288 Mchips/s y al código corto antes mencionado para por último modular la señal QPSK utilizando un ancho de banda total de 1.23 MHz.

El canal de paging se utiliza para la transmisión de información de control del gateway al terminal de usuario. Tras una combinación de técnicas de codificación los bits resultantes son también modulados QPSK como el canal de sincronismo.

El canal de tráfico se genera mediante un vocoder encargado de codificar la voz en tramas en PCM. Los datos se procesan, se controla su potencia y se añaden al código de 1.2288 Mchips/s de Walsh y al código corto. El resultado se modula QPSK.

(de ida) y las señales que reciba irán encapsuladas en canales CDMA return. La siguiente figura muestra un ejemplo de todas las señales recibidas por el gateway en el canal CDMA return.



Estos canales comparten la misma asignación de frecuencias CDMA utilizando CDMA con secuencia directa. Cada canal de tráfico se identifica por una secuencia de código larga distinta para cada usuario. Los canales de acceso por su parte se identifican por sus códigos para el ensanchado de espectro y por la identificación del gateway en una máscara de código largo. En un mismo gateway se podrían utilizar múltiples canales CDMA return en diferentes frecuencias.

Los datos transmitidos en un canal de este tipo se agrupan en tramas de 20 ms y se codifican convolucionalmente. Cada canal de acceso se identifica por una secuencia de código.

Este método de acceso múltiple ofrece capacidad de canal adicional, mayor calidad de la transmisión y seguridad en el enlace, codificación con corrección de errores y menores requerimientos de potencia en la transmisión. Las frecuencias son reutilizables y gracias a la diversidad en bandas se mitiga el efecto multicamino.

Por otro lado en CDMA no se requiere un protocolo especial para la integración de tráfico de paquetes o circuitos. Sin embargo la complejidad del sistema es mayor, así como los costes.

Capítulo IV

4.1 CONCLUSIONES

En el sistema GSM como en la mayoría de los sistemas celulares, la EM obtiene su temporización de las señales recibidas de la EB.

En concreto la EM transmite su señal a 3 intervalos de tiempo ($3 \times 577 \text{ usg}$) después que las señales hayan sido recibidos de la EB.

No obstante dando que la temporización depende de lo que tarde en propagarse la señal, que esto depende de la distancia entre la EB-EM y que la siguiente señal recibida 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 temporización en transmisión que el móvil debe tener para que sus señales lleguen en el intervalo de tiempo correcto.

Este adelanto de temporización es inicialmente calculado por la EB sobre la base de la señal de acceso recibido en RACH (que tiene un período de guarda de 68,25 bits o 252 usg) y puede ser de 0 a 63 períodos de bit de avance lo que equivale a una separación máxima de 35 km

La EB controla en modo de operación normal con TCH establecido, el retraso de la señal procedente de la EM, enviando órdenes de corrección en el SACCH y logrando que el error del retardo sea menor que 2 usg (aproximadamente medio período de bit) Para células de radio mayor que 35 Km hay un procedimiento especial establecido que permite realizar esta función en células de hasta 120 Km.

Otra característica importante en este sistema es el 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 por canal, 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 deber 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 éste 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).

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

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 sólo son activas en 2 de los 8 intervalos de tiempo de una trama si bien tienen la habilidad de, en los 6 restantes, transmitir 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 ésta 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 BBCH 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 sólo 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 por canal.

Por otro lado, la implementación de la tecnología PCS GSM-1900 , permite ir creando una red mundial de comunicaciones con un estándar común. Lo que significa:

- Tarificación clara, ya que se usan recursos comunes y exclusivos de una red.
- Número Único Internacional. Cada usuario puede ser ubicado en cualquier área de mundo cubierta por la red con el solamente discando su número dado por el operador.

- Permite usar otras redes GSM en otras bandas (900 Europa, 1800-DCS). Todo esto sin necesidad de contratar servicios especiales con dichas operadoras, gracias a la tarjeta SIM que puede ser insertada en cualquier equipo.

Además la tecnología TDMA digital tiene excelentes ventajas :

- Uso eficiente Baterías : Más duración, ya que el envío de la información se realiza en “ráfagas” o instantes de tiempo en los cuales el teléfono está activo.
- Confiabilidad y Privacidad : Gracias al envío de información digitalizada la cual no es fácil de descifrar y permite la minimización en la distorsión de la voz.

Calidad de Voz: Mayor, gracias al uso de digitalización de ésta con una calidad incomparable.

4.2 GLOSARIO

AAL: (ATM Adaptation Layer) Protocolo de nivel superior empleado por ATM para el servicio de comunicación; define el proceso de segmentación y agrupación que facilita que la información se procese en forma de células, independientemente de su origen.

ACD: (Automatic Call Distribuidor). Distribuidor automático de llamadas entrantes, que las encamina a distintos puestos de operadoras, según su nivel de ocupación.

AMPS: Siglas de Advance Mobile Phone. Corresponden al servicio de telefonía móvil analógica en EEUU.

ANALÓGICO: Forma de procesamiento de la voz que la convierte en señal de radio, utilizando en el sistema ETACS o TACS. El sistema analógico está sujeto a interferencias, cortes de la comunicación e interceptaciones.

ANCHO DE BANDA: Gama de frecuencias disponible para las señales. La diferencia entre frecuencias altas y bajas de una banda se mide en Hertzios.

AOC: - Indicación de gasto de llamada (Advice of Charge). Le permite que vea en la pantalla de su aparato el número de pasos utilizados en las llamadas efectuadas. Esta información viene directamente de la red y no es calculada por el terminal con base en el tiempo de conversación como ocurría en los aparatos analógicos. En algunos aparatos todavía es posible limitar su utilización inhibiendo su funcionamiento a partir de un determinado número de pasos efectuados. En algunos aparatos también es posible definir el precio de un paso, o sea que pasa a presentar también el coste de la llamada.

AUC: (Authentication Center). Centro de Autenticación

AUTENTICACIÓN: Proceso que permite que los teléfonos celulares y las operadoras confirmen la identidad de cualquier teléfono que se registre en la red, haga o reciba una llamada.

AUTONOMÍA: Capacidad de la batería en la transmisión de los aparatos de radio-comunicación.

AVISO DE LLAMADA: Servicio ofrecido por los operadores de manera gratuita que avisa al usuario con un tono que hay una llamada en espera mientras habla

BACKBONE: Segmento central de una red de área extendida –WAN-que soporta una gran capacidad de tráfico. Red de rango superior que conecta entre sí los nodos de la misma.

BAIC: (Barring of All Incoming Calls). Barreamiento de todas las llamadas recibidas.

BANDA BASE: Transmisión de la señal sin utilizar una señal portadora, usando la banda de frecuencias original.

BAOC: (Barring of All Outgoing Calls). Barreamiento de todas las llamadas efectuadas.

BATERÍA: Dispositivo del teléfono que almacena la energía eléctrica que por él ha sido utilizada. La tecnología de las baterías ha evolucionado mucho gracias a la necesidad de portabilidad y de durabilidad de los ordenadores y de los teléfonos portátiles.

BIT: (BIT/Binary Digit). Dígito Binario. Es la menor unidad de información, con valores posibles 0 y 1 (marca y espacio).

BIT/s: (Bit Per Second). Es la abreviación para bit por segundo; también suele aparecer como bit/s.

BLOQUEO: Función que, mediante la introducción de un código permite anular total o parcialmente el uso del teléfono o algunas de sus funciones.

BLUETOOTH: Dispositivo hardware de comunicación inalámbrica que permite la conexión entre diferentes equipos vía radio.

BUSCAPERSONAS: En inglés BEEPER, aparato de radio que recibe mensajes, tanto numéricos como alfanuméricos.

CABECERA: (Header). Parte inicial de un mensaje o paquete, y que usualmente contiene caracteres para su control y encaminamiento.

CALLBACK: Servicio de llamadas internacionales que ahorra en las tarifas porque utiliza un operador externo al país donde se realiza la llamada.

CAMPO: (Field). Cada uno de los datos individuales de un registro o ficha, como pueden ser el nombre, dirección, total a pagar, etc. Zona de un conjunto de informaciones reservada a una clase dada de informaciones.

CANAL: (Channel). Vía interna de comunicación de datos en cualquier dispositivo informático, o de interconexión de éste con el exterior. Vocal, es el comprendido entre 300 y 3.400 Hz.

CELDA: La zona que recibe servicio de un transmisor en un sistema celular. Zona de cobertura de cada estación base.

CENTRO DE CONMUTACIÓN MÓVIL (CCM): El Centro de Conmutación Móvil es el cerebro de todo el sistema celular. El CCM controla el enrutamiento de las llamadas entre abonados celulares o entre estos y los abonados fijos, determina la célula que provee un mejor servicio para un abonado determinado, identifica la ubicación de cada abonado dentro del sistema, detecta y registra los abonados visitantes(pertenecientes a otra red) y tasa las llamadas realizadas, entre muchas funciones.

CEPT: (Conference of European Post and Telecommunications). La autoridad Europea en telecomunicaciones.

CDMA: Code Division Multiple Access. Técnica digital de acceso múltiple por división de códigos.

CDPD: Cellular Digital Data, servicio de datos celulares.

CTS: Cordless Telephony System, es un sistema en el que convergen los estándares fijo/móvil lo que permite comunicación fuera y dentro de casa con el mismo terminal móvil, es decir, conectarse a la red fija dentro de casa utilizando las mismas tarifas y a la red móvil fuera de ella.

COBERTURA: 1. Area geográfica de una estación base que recibe suficiente señal para mantener una llamada. 2. Area a la que llegan las señales de una red de telefonía celular.

CODIGO PIN: Personal Identification Number, número secreto que programa cualquier usuario de un teléfono celular. Hace operativo el teléfono.

CT1: Cordless Telephony 1, sistema original de telefonía inalámbrica doméstica de primera generación.

CT2: Cordless Telephony 2, sistema primitivo de telefonía inalámbrica digital, posterior a CT1.

DAMPS: Digital Advanced Mobile Phone System: Sistema Avanzado de Teléfono Móvil Digital.

DIFUSION: (Crosstalk). Transmisión simultánea de información desde una única fuente hacia varios destinatarios. Multidifusión: Técnica que permite pasar copias de un paquete a un subconjunto seleccionado de posibles destinos.

DIRECCION DE RED: (Network address). Conjunto de caracteres que identifican de forma unívoca a un elemento de la misma.

DCS: Digital Cellular System. Sistema digital de transmisión y recepción propuesto por el Reino Unido al Grupo Especial de Móviles (GSM) y aceptado para operar en la banda de 1800 Mhz.

DCS 1800: Digital Cellular System 1800 Mhz, variante de GSM en baja potencia, menores células y banda de 1800 Mhz.

DCS1900: Digital Cellular System 1900 Mhz, ver PCS 1900.

DECT: Digital European Cordless Telecommunications, estándar inalámbrico digital europeo.

DIGITAL: Las tecnologías digitales toman las señales análogas (como la voz humana) y las traducen a códigos (números) que pueden ser transmitidos a alta velocidad y después reconvertirlos a una señal análoga.

EFEECTO DE MEMORIA: Ocurre cuando el usuario recarga su batería de Ni-CD y ésta no se ha descargado en su totalidad. Esto hace que la batería no vuelva a cargar en un 100%, reduciendo así la vida útil de la misma.

ENCAMINADOR: (Router). Nodo que asume las funciones de encaminar el tráfico de la red hacia los nodos de destino siguiendo la ruta más apropiada; al operar al nivel de red, depende del protocolo. También se suele denominar canalizador.

ENCAMINAMIENTO: (Routing). Determinación del camino a tomar en la red por una comunicación o por un paquete de datos.

ENCAMIENTADO ADAPTATIVO: (Adaptative Routing). Método de encaminamiento consistente en modificar el camino en función del estado de la red, por ejemplo en función de su carga.

ENCAMINAMIENTO ALTERNATIVO: (Alternate routing). Elección de un segundo camino cuando el principal no está disponible.

ESN: Equipment Serial Number: Número Serial del Equipo. Es la cédula del teléfono, y el número generalmente se encuentra al respaldo del equipo o a través de la programación.

ESTACIÓN BASE: La estación base es el elemento que lleva la señal desde el CCM hasta el abonado celular y viceversa. Tiene como elementos básicos las antenas de transmisión/recepción, los radios, etc. La estación base sirve de enlace entre el abonado celular y la CCM para poder establecer una óptima comunicación.

ESTACIÓN MÓVIL: La estación móvil es el elemento con el cual el común de las personas puede llegar a familiarizarse: el teléfono celular. Es un terminal celular que brinda la posibilidad de establecer una llamada. Entre las categorías de terminales encontramos:

PORTÁTILES: Son los que conocemos como teléfonos celulares. Son terminales de menor tamaño (0.6 Vatios), que permiten que el usuario lo lleve consigo permanentemente. Equipo ideal para las ciudades.

MÓVILES: Son equipos con mayor potencia (3.0 Vatios) y comúnmente se instalan en los automóviles. Aunque no pueden ser removidos de su lugar, estos equipos son capaces de captar una señal más débil, y por consiguiente operar con cobertura más amplia. Son ideales para viajes por carretera.

TRASPORTABLES: Son de mayor tamaño y peso que un modelo portátil, pero con la potencia de un modelo móvil. Ideales para personas que necesiten potencia de señal en zonas rurales.

ERMES: European Radio Message System, sistema de radio basado en mensajes.

E-TACS: Sistema de telefonía celular analógica a 900 MHz, con un aumento en el número de canales que originalmente se utilizaban en el TACS a 450 MHz. Significa Extended Total Access Communications System.

ETSI: European Telecommunications Standards Institute, responsable de la normalización de las telecomunicaciones en Europa.

FDMA: Frequency División Multiple Access, Tecnología de acceso múltiple por división de frecuencias para el interfaz aire, usada en los sistemas analógicos.

FIBRA OPTICA: (Fiber Optic). Material utilizado como medio físico de transmisión en redes de datos, basado en sus propiedades de poca atenuación y distorsión al paso de una señal luminosa.

FPLMTS: Future Public Land Mobile Telecommunications System, sistema de comunicaciones móviles de tercera generación, actualmente denominado IMT-2000.

GESTION CENTRALIZADA: (Centralized management). Forma de organización de una red con un solo punto de gestión centralizado.

GESTION DISTRIBUIDA: (Distributed Management). Forma de organización en la que existen múltiples sistemas de control y gestión de la red.

GOPHER: Sistema de navegación por menús a través de diversas máquinas que permite unir diversos servicios de Internet, independientemente de sus localizaciones físicas.

GSM: Group Special Mobile o Global System for Communications. El Group Special Mobile fue el organismo que se encargó de la configuración técnica de una norma de transmisión y recepción para la telefonía celular europea y el Global System es el sistema europeo de telefonía móvil digital a 900 MHz.

HAND-OFF: Es la transferencia de llamadas entre celda y celda.

HOST: Sistema informático en el que corren las aplicaciones conectado a una red de comunicaciones de datos y que da servicio a un grupo de terminales o sistemas.

HTTP: HyperText Transfer Protocol. Protocolo de comunicación entre clientes y servidores Web.

HUB: (Concentrador). Elemento multipuerta y multiacceso empleado para la interconexión de distintos tipos de cables y de arquitecturas, pudiendo ser activo o pasivo. Estación terrena que realiza una función coordinadora de otras VSAT.

IBERCOM: (Ibercom). Servicio de red privada virtual, proporcionado por telefónica, para comunicaciones de voz y datos. Está orientado a las empresas y se basa en una PABX digital con acceso a la RTB (Centro Frontal) mediante enlaces dedicados.

IBERPAC: (Iberpac). Red pública de conmutación de paquetes x.25, operada por telefónica. Red-1 es un servicio de red privada virtual a mayor velocidad y con mayores prestaciones.

INTELSAT: International Telecommunications Satellite, sistema de comunicaciones fijas vía satélite.

INMARSAT: International Marine Satellite, sistema más extendido de telefonía móvil por satélite con cobertura mundial.

ISDN-B: Integrated Services Digital Network-Broadband, Red Digital de Servicios integrados de Banda Ancha (RDSI-BA).

ITINERANCIA: Del inglés ROAMING. Es la forma de definir la conexión de una línea GSM de un país con los operadores de otros países que también tienen el sistema GSM, sin necesidad de cambiar el número de teléfono.

ITAP: Sistema de reconocimiento predictivo de palabras para facilitar la edición de texto. Con este sistema no tiene que marcar varias veces la misma tecla para obtener la letra deseada

KIT: Accesorio de telefonía móvil. Permite conducir y hablar mientras se conduce un vehículo, sin retirar las manos del volante.

LITIO: Componente químico de las baterías de Ion Litio que destacan por su gran capacidad y por no acusar el efecto memoria.

MEMORIA: De efecto memoria, se denomina así a la pérdida progresiva de la capacidad o autonomía de una batería debida a una recarga antes de agotarse la misma.

MICROTARJETA: Tarjeta SIM de tamaño reducido.

NAM: Espacio en la memoria del teléfono en donde se programa el número celular asignado. Capacidad que tiene el equipo celular para poder programarle más de un número celular, como en el caso el Roaming.

NETBIOS: Network Basic Input-Output Stream. Nivel software originalmente desarrollado por IBM y Sytek para conectar un sistema operativo de red con el hardware específico.

NETBEUI: NetBIOS Extended User Interface. Originalmente es el módulo de soporte para la TRN de IBM (1985). Permite adaptar tráfico NetBIOS sobre LLC.

NICD: Níquel Cadmio, componente químico de las baterías más económicas. Muy proclives al efecto memoria.

NIMH: Níquel Metal Hidruro, componente químico de las baterías mas utilizadas en el mercado, mejores que las NICD pero que también pueden sufrir el efecto memoria.

NNTP: Network News Transfer Protocol

OPERADOR: También llamados operadoras, son empresas que ofrecen servicios de telefonía básica y móvil.

PCMCIA: Tarjetas Modem-fax insertables en ordenadores portátiles del tamaño de una tarjeta de crédito, cuya configuración técnica se debe a la Personal Computer Memory Card International Association (Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria para Ordenadores personales).

PCN: Personal Communications Network, sistema de telefonía móvil digital a 1800 MHz. Es ideal para entornos urbanos, ya que proporciona muy buena cobertura en zonas subterráneas y edificios.

PCS: Personal Communications Services, iniciativa de desarrollo del mercado de consumo de telefonía celular/inalámbrica en EE.UU.

PLUG AND PLAY (P&P): Sistema para instalación en PC con sincronización automática.

PMR: Professional Mobile Radio, radio móvil profesional, antes llamada Private Mobil Radio.

POP: Post Office Protocol. Protocolo usado para la recuperación de correo electrónico. La versión actual es la 3 (POP3).

PPP: Point to Point Protocol. Permite la interconexión de routers heterogéneos sobre circuitos síncronos y asíncronos.

PREPAGO: Tipo de abono o contratación de los servicios de telefonía móvil consistente en abonar por adelantado una cierta cantidad de dinero al operador. A cambio, éste entrega una tarjeta programada para un consumo equivalente al

importe abonado, aunque el coste resultante de la llamada suele ser mayor que el de un abono fijo.

PUK : (Personal Unblocking Code). Utilizado para desbloquear una tarjeta SIM que esté bloqueada. Este código se lo entregan durante la subscripción y hay que guardarlo en un sitio donde esté seguro. La tarjeta SIM podrá ser bloqueada si se introduce mal el código PIN más de dos veces.

RED FIJA: RTC/RTB Y RDSI (Red Telefonía Conmutada / Red Telefonía Básica, Red Digital Servicios Integrados). Es el servicio que los operadores de telefonía dan a los usuarios a través de plataformas terrestres y cableadas hasta el punto final, casas, oficinas, etc.

RED MÓVIL: Es la red que los operadores de telefonía dan a los usuarios a través de satélites o de plataformas terrestres celulares y vía radio (900 Mhz analógica/digital, 1800 digital), llega a los usuarios con teléfonos móviles en cualquier punto con cobertura de las células o antenas.

RTC: Red Telefónica Conmutada. Es la red telefónica convencional que lleva la telefonía doméstica hasta los hogares.

SATK: Sim Application Toolkit, es un software por el cual los operadores y socios afiliados proveen servicios adicionales al cliente final. Éstos servicios adicionales van desde consultas de noticias, horóscopos hasta la habilitación del roaming internacional en una tarjeta prepago.

SIMLOCK: Cuando un determinado teléfono móvil está bloqueado por el software, acepta sólo una determinada tarjeta SIM. Las operadoras suelen bloquear los teléfonos móviles que venden para garantizar que éstos serán utilizados solamente en su red. Dependiendo de la marca y del modelo hay diferentes sistemas de bloqueo.

SYMBIAN: Consorcio formado por Psion, Nokia, Ericsson y Motorola para el desarrollo de un sistema operativo para periféricos inalámbricos.

SIM: Subscriber Identity Module, tarjeta usada en GSM que contiene los datos de identificación del usuario de un teléfono móvil, como su número de teléfono.

SMS: Sistema de Mensaje Corto, que es un mensaje escrito de hasta 160 caracteres que se puede enviar desde cualquier terminal GSM.

SmartCELlect: Cable de conexión a puerto RS 232 del PC para transmisión de datos. Permite conectar el móvil al PC para transmitir datos..

STAND-BY: Posición en la que un teléfono móvil se encuentra conectado y en espera de recibir llamadas, siempre que esté en cobertura.

TCP: Transfer Control Protocol. Protocolo de nivel de transporte, en modo conectado, normalizado en Internet.

TDMA: Time Division Multiple Access: Acceso Múltiple por División de Tiempo. Es el nombre con el cual se conoce la tecnología digital.

TETRA: Terrestrial Trunked Radio Access, estándar original europeo para sistemas de radio móvil terrestre (LMR).

TTL: Time to Live

UDP: User Datagram Protocol. (TCP/IP/DPA/ARPA/NFS)

UPT: Universal Personal Telecommunications, iniciativa internacional de comunicaciones personales de tercera generación.

URL: Uniform Resource Locator. Identificador único para la localización de los recursos de Internet.

VIBRACION: Sistema de alerta de llamada de algunos teléfonos móviles en los que en vez de sonar un timbre, vibran.

VIBRACALL: Aviso de llamadas por vibración -práctico sistema que permite recibir el aviso de una llamada entrante sin que suene el timbre del teléfono

VOICENOTES: Sistema de grabación y reproducción de voz (mensajes recordatorios y grabación de conversación / llamadas). Permite grabar hasta 10 mensajes recordatorios de voz o grabar una conversación telefónica, resulta muy práctico cuando no se tiene a mano lápiz y papel para tomar notas

WAP: Wireless Application Protocol. Nuevo protocolo para aplicaciones inalámbricas. Incluye un lenguaje WML, similar al HTML de Internet y un navegador.

WARC: World Administrative Radio Conference, conferencia mundial para asignación de frecuencias en el espectro radioeléctrico.

WCDMA: (Wideband CDMA). La llamada telefonía sin cables de tercera generación (también referida con los servicios 3G) alargará significativamente la cantidad de opciones disponibles a los utilizadores, como por ejemplo: para permitir la comunicación, información y servicios de entretenimiento a través de los terminales sin cable.

4.3 BIBLIOGRAFIA

Sistemas GSM / GPR, Miguel Calvo Ramón, Octubre 2002, Madrid – España.

Theodore S. Rappaport WIRELESS communications. Principles & Practice Prentice Hall PTR, 1996

Siegmund M. Redl, Matthias K. Weber, Malcolm W. Oliphant An Introduction to GSM Artech House Publishers, 1995

Michel Mouly and Marie-Bernadette Pautet. The GSM System for Mobile Communications Published by the authors, 1992

Raymond Steele Mobile Radio Communications, 1992

William Stallings Data and Computer Communications MacMillan, 1994

Simon Haykin Digital Communications John Willey and Sons, 1988

John Scourias Overview of the Global System for Mobile Communications University of Waterloo, 1995

Peter VARY, Rudolf HOFMANN, Karl HELLWIG Philips Kommunikations Industrie AG, Nürnberg. Fed. Rep. Germany Robert J. SLUYTER Philips Research Laboratories, Eindhoven, The Netherlands A Regular-Pulse Excited Linear Predictive CODEC, 1987

Kazuaki Muroa, Kenkichi Hirade (Members IEEE) GMSK Modulation for Digital Mobile Radio Telephony. IEEE Transactions on Communications. VOL. COM-29, No. 7, July 1981

European digital cellular telecommunications system (Phase 2). SERIES 5 y 6. European Telecommunications Standard Institute, 1993