

Capítulo 2

El Sistema GSM

2.1 – Introducción

En la Europa de los años ochenta muchos países habían desarrollado sus propios sistemas de telefonía celular, lo que impedía la interoperabilidad más allá de las fronteras, lo que hoy día se conoce como roaming. Fue en 1982 cuando el CEPT (*Conference of European Post and Telecommunications*) estableció un grupo de trabajo con el objetivo de desarrollar un sistema celular pan europeo con los siguientes requisitos: itinerancia internacional (roaming), eficiencia espectral, soporte para nuevos servicios y compatible con la RDSI. El nuevo sistema fue denominado GSM (*Groupe Speciale Mobile*) [3].

En 1989 la responsabilidad del desarrollo del sistema GSM pasa al *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI), denominando al proyecto *Global System for Mobile Communications*.

Es en el año 2000 y hasta nuestros días, cuando *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) toma el control de la evolución del sistema GSM. Esta organización, integrada por varios organismos de estandarización, se encarga del mantenimiento de las especificaciones técnicas del sistema celular global de tercera generación UMTS (Universal Mobile Communication System) basado en el sistema GSM [3].



Figura 2.1 – Logo 3GPP

GSM es un sistema de conmutación de circuitos, diseñado originalmente para voz, al que posteriormente se le han añadido servicios de datos: mensajes de texto de hasta 160 caracteres y servicio de datos GSM con una tasa de 9.6kbps [3].

2.2 – Arquitectura de la Red GSM

Una red GSM está formada por los siguientes componentes [1]:

➤ **MS (Mobile Station)**

Es el equipo terminal que el usuario GSM usa para acceder a la red y sus servicios.

➤ **SIM (Subscriber Identity Module)**

Chip que almacena información asociada al abonado. Debe ser introducido en el terminal GSM.

➤ BTS (*Base Transceiver Station*)

Proporciona el enlace, vía radio, entre la red y las estaciones móviles.

➤ BSC (*Base Station Controller*)

Se encarga de todas las funciones centrales y de control del subsistema de estaciones base (BSS: *Base Station Subsystem*), formado por un conjunto de BTSs y el propio BSC.

➤ TRAU (*Transcoding Rate and Adaptation Unit*)

Es el punto donde tiene lugar la transformación entre la codificación de voz y datos en la parte radio y la parte fija de la red. Debido a la diferencia de capacidad (13 Kbps para la codificación radio GSM y 64 Kbps para PCM en la red fija), la TRAU tiene también funciones de buffer. Es en este punto de la red, donde se puede producir el efecto 'cuello de botella'.

➤ MSC (*Mobile Services Switching Center*)

Se encarga de enrutar el tráfico de llamadas entrantes y salientes hacia la BSC correspondiente.

➤ HLR (*Home Location Register*)

Base de datos general que contiene y administra la información de los abonados, mantiene y actualiza la posición del móvil y almacena el perfil de servicio.

➤ VLR (*Visitor Location Register*)

Base de datos que contiene datos de los abonados que se encuentran en una cierta área de localización. Suele estar asociado a un MSC.

Cuando un móvil se mueve de un MSC/VLR a otro distinto, el nuevo MSC/VLR interroga al antiguo, o al HLR acerca de los datos del móvil.

➤ AuC (Authentication Center)

Asociado al HLR, contiene las claves individuales de identificación del abonado.

➤ EIR (Equipment Identity Register)

Registro que almacena el identificador único de cada terminal IMEI (*Internacional Mobile Station Equipment Identity*) usado en el sistema GSM. En esta base de datos los MSs están divididos en tres listas: lista negra para móviles robados, lista gris para móviles bajo observación y lista blanca para el resto de los terminales.

➤ GMSC (Gateway Mobile Switching Center)

Punto de conexión de nuestra red con otras redes. Al GMSC se encaminan las conexiones que van o provienen de terminales que no se encuentran en nuestra red.

➤ SMS-G (Short Message Service Gateway)

Describe colectivamente a dos gateways que soportan el servicio de mensajería corta (SMS), el SMS-GMSC (*Short Message Service Gateway Mobile Switching Center*) encargado de la terminación de los mensajes cortos y el IWMSC (*Short Message Service Inter-Working Mobile Switching Center*) encargado de originar los mensajes cortos.

En la Figura 2.2 se muestra la arquitectura del sistema GSM, que se puede dividir en cuatro grandes subsistemas: el subsistema de usuario, el subsistema de estaciones base (BSS: *Base Station Subsystem*), el subsistema de conmutación y gestión (SMSS: *Switching and Management Subsystem*) y el subsistema de operación y mantenimiento (OMSS: *Operation and Management Subsystem*). Los dos últimos conforman el núcleo de la red.

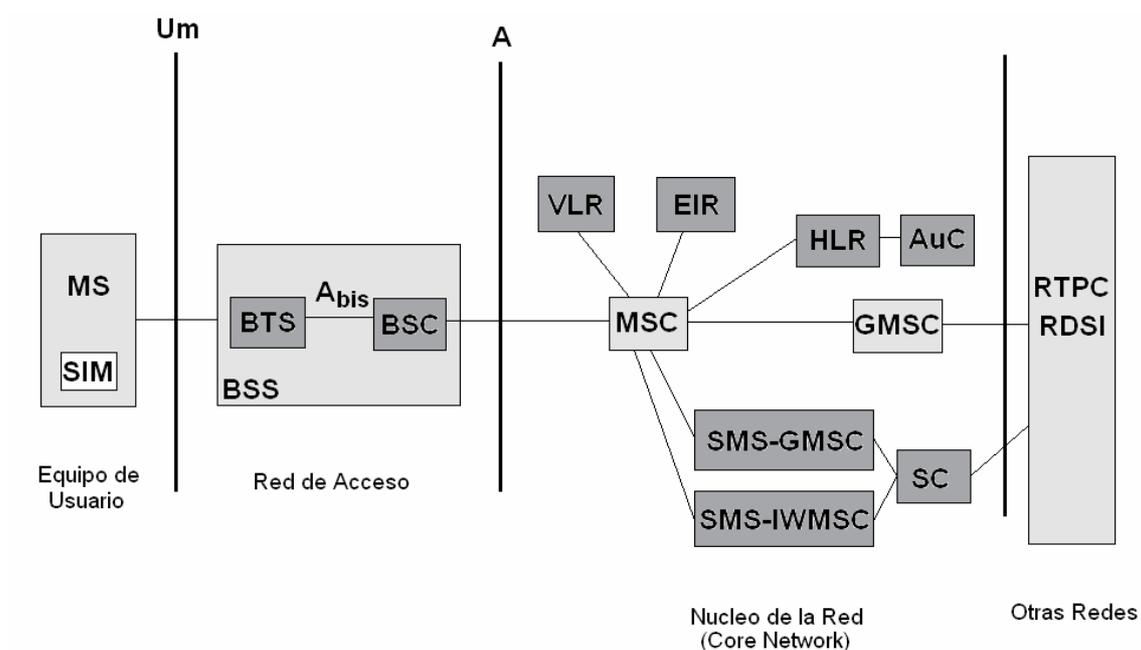


Figura 2.2 - Arquitectura del sistema GSM

2.3 – Interfaces de la red GSM

Entre cada par de elementos con conexión en la arquitectura GSM existe una interfaz diferente. Cada interfaz requiere su propio juego de protocolos.

Las principales interfaces son la Um, Abis y la interfaz A (Figura 2.2), los cuales se analizan a continuación [1]:

➤ Interfaz Um:

Es la interfaz radio, se encuentra entre la estación móvil y el BSS.

Utiliza el protocolo de señalización LAPDm.

➤ Interfaz Abis:

Se encuentra entre el BSC y la BTS. Realiza el control del equipo radio.

Utiliza el protocolo de señalización LAPD.

➤ Interfaz A:

A través del ella, se comunica el MSC con la BSC. Permite el intercambio de información para la gestión del subsistema BSS, de las llamadas y de la movilidad. Aquí tiene lugar la negociación de los circuitos que serán utilizados entre el BSS y el MSC.

Utiliza el protocolo de señalización SS7.

2.4 – La interfaz radio

2.4.1 – Bandas de Frecuencia GSM

Las redes GSM operan en cuatro bandas de frecuencia diferentes. La mayoría lo hace en la banda de los 900 MHz o en la de los 1800 MHz. Algunos países americanos usan la banda de los 850 MHz y de los 1900 MHz [3, 4].

En Europa se utilizan las bandas de 900 MHz y 1800 MHz tal y como se muestran a continuación en la tabla 2.1:

Banda	Enlace ascendente (MHz)	Enlace descendente (MHz)	Ancho de Banda (MHz)
E-GSM	880 – 890	925 – 935	2 x 10
GSM-900	890 – 915	935 – 960	2 x 25
GSM-1800	1710 – 1785	1805 – 1880	2 x 75

Tabla 2.1 - Bandas GSM en Europa [3]

La banda E-GSM, que en su pasado constituía la banda usada en los sistemas de telefonía analógica, se introdujo para extender la banda de los 900 MHz.

2.4.2 – Estructura de los canales

2.4.2.1 – Canales físicos

GSM distingue entre canales físicos y canales lógicos. Vamos a describir la estructura de los canales físicos en la banda GSM-900, siendo esta similar a la de las otras dos bandas.

GSM es un sistema multiportadora que utiliza, para acceder al medio, una combinación de TDMA (*Time Division Multiple Access*) y FDMA (*Frequency Division Multiplex Access*). El espacio entre portadora es de 200 KHz, permitiendo 124 canales radio (para el caso GSM-900) por cada enlace (ascendente y descendente) y una banda de guarda de 200 KHz en los extremos de la banda [3].

Cada canal radio está dividido en 8 ranuras en el tiempo (slots), denominadas *time slots* (TS) y con una duración de 0.577 ms. En la Figura 2.3 podemos ver un esquema.

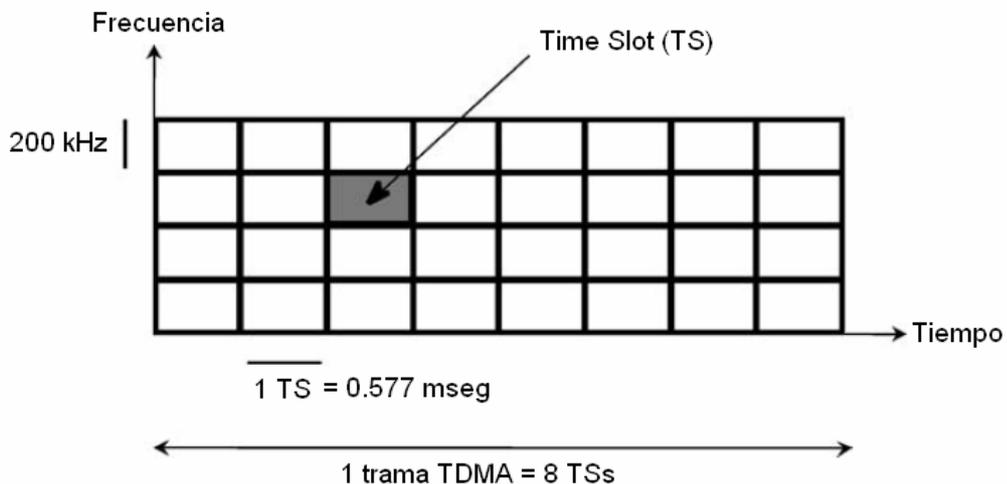


Figura 2.3 - Esquema de acceso al medio en GSM [3]

Los datos transmitidos en un TS se denominan ráfaga. Existen cinco tipos distintos de ráfagas [3]:

- Normal
- Ráfaga de acceso
- Ráfaga de corrección de frecuencia
- Ráfaga de sincronización
- Ráfaga *dummy*

El formato y la información de cada una, depende del tipo de canal al que pertenezca.

En cada ráfaga se transmiten 156.25 bits. Sabiendo que esto ocurre en 0.577 milisegundos, las tasas que se alcanzan en esta interfaz son:

- 33.9 kbps por time-slot
- 270.8 kbps por portadora

La modulación usada en GSM es GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*)

2.4.2.2 – Canales lógicos

Si el canal físico se refería a un time-slot perteneciente a una portadora, el canal lógico no es más que la información portada por dicho time-slot. No existe una correspondencia exacta entre canales físicos y canales lógicos, muchos de éstos últimos son mapeados o multiplexados en uno o diferentes time-slots para transmitir información tanto de señalización como de usuario.

Existen dos tipos de canales lógicos en GSM: los canales de tráfico (TCH – *Traffic CHannels*), que transportan información (voz o datos) del usuario y los canales de control (CCH – *Control CHannels*), que transportan señalización y sincronización entre la estación base y la estación móvil [1, 3].

Los canales de tráfico que transportan paquetes de datos se denominan PDTCH (*Packet Data Traffic Channel*).

➤ Canales de Tráfico (TCH)

Un canal de tráfico puede trabajar en modo TCH/F (*full-rate*) o TCH/H (*half-rate*). En *full-rate*, la información de un usuario se transmite en una ranura de tiempo (time-slot), en cada trama. Para el modo *half-rate* la información de un usuario se transmite en una ranura de tiempo pero con trama de por medio, es decir, dos usuarios comparten una misma ranura en diferentes instantes de tiempo [3, 13].

A continuación se muestra todo el juego de canales de tráfico:

Tipo de Canal	Denominación	Descripción
Canales de Tráfico (TCH)	TCH/FS	Voz (speech) a 13 Kbps
	TCH/F9.6	Datos a 9600 bps
	TCH/F4.8	Datos a 4800 bps
	TCH/F2.4	Datos a 2400 bps
	TCH/HS	Voz a 7 Kbps
	TCH/H4.8	Datos a 4800 bps
	TCH/H2.4	Datos a 2400 bps

Tabla 2.2 - Canales de tráfico [3]

A mitad de los 90, la Universidad de Sherbrooke, junto con Nokia, introdujo una mejora a través de un nuevo codec para la voz llamado EFR (Enhanced Full Rate). Este nuevo esquema de codificación, ampliamente usado en redes GSM, proporciona una calidad equivalente a una conexión de telefonía fija bajo condiciones normales de error. EFR usa un canal en modo full-rate y codifica la voz a 12.2kbps [3].

En búsqueda de un estándar con un nivel mayor de adaptación a las condiciones de transmisión, así como a la carga de la red, en 1999 la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) adoptó el estándar de codificación de voz AMR (*Adaptive Multi-Rate*) para mejorar la transmisión de voz en GSM. Debido a su flexibilidad, AMR se propuso también para el esquema de codificación de voz por defecto en UMTS [3].

AMR define un conjunto fijo de tasas de voz y códigos de canal. Opera tanto en canales full-rate así como en canales half-rate. La cualidad importante

de AMR es que realiza un proceso de adaptación al canal radio y a la carga de tráfico, seleccionando el codec apropiado para cada momento. Para ello, y en un proceso continuo, evalúa un indicador de calidad (el ratio portadora/interferencia – C/I) medido por la parte receptora y lo compara con un set de umbrales predefinidos [5, 6].

➤ Canales de Control (CCH)

En GSM, los canales de control están divididos en tres grupos tal y como muestra la tabla 2.3:

Tipo de Canal	Denominación		Descripción
Canales de Control (CCH)	Canales de Broadcast	BCCH (Broadcast Control Channel)	Canales de control utilizados para permitir el enganche a la red de las estaciones móviles y para el monitoreo de las potencias de celdas vecinas. Canales que radian (respectivamente): Información del sistema, una referencia de frecuencia y otra de tiempo.
		FCCH (Frequency Correction Channel)	
		SCH (Synchronization Channel)	
	Canales Comunes de Control	PCH (Paging Channel)	Canales usados para la reserva y establecimiento de un recurso radio y la asignación de canales de control.
		RACH (Random Access Channel)	
		AGCH (Access Grant Channel)	

	Canales de Control Dedicados	SDCCH (Stand-alone Control Channel)	Canales de control bidireccionales utilizados para prestar los servicios de señalización y supervisión al usuario.
		SACCH (Slow-Associated Control Channel)	
		FACCH (Fast-Associated Control Channel)	

Tabla 2.3 - Canales de control en GSM

Los canales de control BCCH, RACH, PCH y AGCH tiene sendos homólogos en control de paquetes, sus abreviaturas son: PBCCH, PRACH, PPCH y PAGCH. Otros canales de control de paquetes son: canal de notificación de paquete (PNCH), canal de control de paquete asociado (PACCH) y canal de control de *timing advance*¹ para el enlace ascendente (PTCCH/U) y descendente (PTCCH/D) [1, 3].

¹ Debido a la naturaleza TDMA del sistema GSM, la variabilidad en las distancias entre los usuarios y la estación base y que las ondas de radio viajan a cierta velocidad, el preciso instante en que el teléfono tiene permiso para transmitir (dentro de un time-slot) debe ser cuidadosamente ajustado. Timing Advance (TA) es la variable que controla este ajuste.