

Teoria de Funcionamiento

Teléfonos Celulares

Conozca más Sobre los Móviles

GSM, UMTS y GPRS Cómo Funcionan



Tal como otros aparatos de uso cotidiano, un teléfono móvil es un misterio para la mayoría de las personas. Un teléfono celular es un aparato de radio que funciona de modo análogo a un equipo CB (banda ciudadana) portátil. La gran diferencia reside en que en CD se usa una sola frecuencia para hablar y para escuchar, lo que lleva a que cuando alguien está hablando, del otro lado sólo se puede escuchar y viceversa. Un teléfono celular utiliza dos frecuencias diferentes: una para hablar y otra para escuchar, permitiendo una conversación normal. Como los teléfonos móviles funcionan en un sistema de células, y una radio CB transmite directamente para otro aparato, la radio tiene que ser mucho más fuerte, ya que la señal del teléfono se “amplifica” en células estratégicamente colocadas para permitir comunicaciones en todo el mundo con la ayuda de satélites. En Saber 191 describimos cómo funciona la telefonía celular, en este artículo analizaremos las diferentes tecnologías empleadas y daremos algunos trucos comunes para teléfonos empleados en América Latina.

Preparado por **Horacio D. Vallejo**,
sobre trabajos de **Todomovil** (www.todomovil.com)

INTRODUCCIÓN

La utilización de las ondas radioeléctricas es el medio más eficaz para establecer comunicaciones con puntos móviles. Sin embargo, el espectro radioeléctrico es limitado y su utilización

sólo es posible mediante una reglamentación muy estricta que permite la optimización de la asignación de frecuencias para cada país. 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 períodos de silencio. En la década del 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

Artículo de Tapa

del espectro era tan grande que hubo que pensar en la forma de hacer más eficiente el uso del espectro radioeléctrico, permitiendo la evolución de la telefonía móvil. 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 se está usando 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, se reduce notablemente ya que, por más que haya millones de usuarios, sólo algunos están hablando al mismo tiempo. El trunking automático es la asignación de canal totalmente automática, sin la intervención de una persona.

El paso siguiente en el aprovechamiento del espectro radioeléctrico es el concepto celular, propuesto por la "Bell South" a principios de los años setenta.

La telefonía celular se basa en la reutilización de los canales mediante la división del espacio en celdas continuas que se controlan 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 (red de servicios integrados) 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. Ahora bien, como el teléfono celular puede moverse, si otra estación

base recibe la señal procedente de la estación móvil con un nivel de potencia superior a 3db 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, más adelante volveremos sobre este concepto. 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.

Tal como vimos en Saber 191, y co-



mo describiremos más adelante, a los fines prácticos solemos decir 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.

Con tres tipos de estaciones base se puede cubrir un territorio extenso 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 frecuencia. 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 celular, dado que éste solo puede estar en un lugar determinado y la potencia enviada en otras direcciones se perdería.

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

diagrama de radiación de estas antenas no es 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 está conectado un equipo móvil, sino que cambia de asignación de antena.

Sistemas para Telefonía Celular

El IMEI

Los teléfonos móviles GSM poseen un código denominado de IMEI (International Mobile Equipment Identity), el cual permite la identificación del terminal dentro de la red. El IMEI consiste de un código de 15 números que se transmite cuando el teléfono celular se conecta a la red. Con este número, la operadora identifica el estado del terminal, dentro de una base de datos, denominada EIR (Equipment ID Register), dentro de la cual existen dos listas especiales. El EIR determina si el teléfono móvil se puede conectar a la red para hacer / recibir llamadas.

Si el IMEI es válido (se encuentra en la lista dentro del EIR) la operadora puede hacer dos cosas:

** Coloca el código del terminal en la lista "gris". Todavía es posible utilizar el teléfono móvil, pero éste puede ser monitoreado para descubrir la identidad del operador (a través de la información de las tarjetas SIM).*

** Bloquea completamente el uso del teléfono móvil en la red (la denominada lista "negra"). El terminal no puede ser utilizado en cualquier red donde esté listado el EIR.*

Para conocer el IMEI de un celular debemos consultar la parte de atrás del terminal, o digitar el código: *#06# Un código IMEI se encuentra dividido en cuatro partes. En el ejemplo de un IMEI n° 544905 33 095674 0 sería:

** 544905 Type Approval Code (TAC). Los primeros dos números indican el país.*

** 33 Final Assembly Code (FAC). Indica el fabricante.*

** 095674 Número de serie del teléfono móvil.*

** 0 Número adicional, de reserva.*

Los números que indican el fabricante son los siguientes

Número	Fabricante
01, 02	AEG
07, 40	Motorola
10, 20	Nokia

35	Mitsubishi Trium
30	Ericsson
40, 41, 44, 52	Siemens
47	Option International
50	Bosch
51	Sony, Siemens, Ericsson
60	Alcatel
70	Sagem
75	Dancall
80	Philips
85	Panasonic

SERVICIOS GSM (Global System for Mobile Communication)

Hasta hace un tiempo, se podía mantener una comunicación únicamente dentro del territorio donde se había efectuado la suscripción. Los **estándares técnicos**, diferentes de nación a nación, incompatibles entre sí, impedían recibir llamadas o hacerlas fuera

de la propia nación. Hoy las barreras de comunicación han sido abatidas: además del notable Servicio Radiomóvil Etacs (Extended Total Access Cellular System), está a disposición el Servicio Radiomóvil Internacional GSM, basado en una tecnología digital de absoluta vanguardia.

El sistema de comunicación GSM, introducido en Italia a principios de octubre de 1992, permite, en particular, efectuar

Roaming Internacional o bien hacer o recibir, en el extranjero, llamadas como si se hicieran desde Italia. De hecho, se han firmado acuerdos bilaterales que permiten a los Clientes de Telefonía Móvil GSM trasladarse con el propio móvil y continuar disfrutando del servicio en diferentes países europeos y no europeos. En un primer momento el servicio GSM se concibió como el estándar europeo para las comunicaciones móviles digitales, pero se está convirtiendo, de hecho, en estándar mundial. Otras 100 redes GSM hicieron operativos en junio de 1996; cada día en todo el mundo se realizan cerca de 30.000 contratos y se efectúan cerca de 40 millones de llamadas. En el 2005 los expertos prevén que estarán en circulación por el mundo alrededor de 100 millones de abonados. El aspecto "más espectacular" del sistema, es que gracias a una tecnología de absoluta vanguardia, con el GSM no es el móvil el que contiene los datos del abonado, si-

Frecuencímetro Mod. FD-30. Digital de 8 dígitos, hasta 1250 MHz. tres entradas, HF hasta 40 MHz, alta impedancia, VHF y UHF 50 ohms.

Frecuencímetro Mod. FD-34. Digital de 7 dígitos, hasta 40 MHz. ideal TV, Video y Radioaficionados.

Generador Mod. GC-38. Color binorma, super económico.

Generador Mod. GC-29. Color binorma, PAL-N y NTSC, salida RF con sintonía fina, salida de video con polaridad y amplitud ajustable, salida sincronismo compuesto con pulsos de equalización.

Capacímetro Mod. CD-44. Digital de 4 dígitos, desde 0 pF hasta 9999 uF, ajuste de pF para compensar capacidad de cable coaxial de medida

Generador de Audio Modelo GA-43, de 10Hz a 1MHz, con display digital de 4 dígitos para visualizar la frecuencia, distorsión menor al 0,2%, atenuador de 600Ω desde +10dB a -100dB y ondas cuadradas simultáneas:

Generador de Funciones Mod. GF 60, desde 0,1Hz hasta 10MHz, ondas triangulares, cuadradas y sinusoidales, simetría variable entre el 15% y el 85%, nivel CC variable, salida protegida:

Inductómetro Digital. Mod. ID-68, desde 10μH hasta 1.999μH, cuatro dígitos, error entre 4% y 10%. Rapidez de lectura. Ideal para taller o lab.

CONSULTE PRECIOS - GRANDES OFERTAS

Sólo Tenemos los Instrumentos Publicados en este Avisos - NO VENDEMOS COMPONENTES

G. A. ELECTRONICA

**Belgrano 4556
Buenos Aires**

**Caseros (1678)
Tel. 750-9334**

e-mail: torinogale@hotmail.com

Artículo de Tapa

no más bien “una tarjeta inteligente” denominada SIM Card (Subscriber Identity Module), para insertar en el aparato desde el que se desea llamar: la suscripción está en la tarjeta, no en el móvil. En otras palabras, se puede llamar también, aunque no se tenga a mano el propio aparato GSM, o bien en aquellos países que adoptan el estándar GSM con frecuencias diferentes (DCS 1800-PCS 1900): es suficiente con tener un predisposto para recibir la tarjeta compatible, es decir, con el estándar GSM. Existen dos tipos de SIM Card, una de las dimensiones de una tarjeta de crédito (**ISO**), preparada principalmente para los radiotéfonos vehiculares; otra pequeña como un sello preparada para los teléfonos palmarios (**Plug In**). Existe en todo caso un adaptador que permite transformar una tarjeta SIM desde el formato Plug In al formato ISO. En la tarjeta SIM se pueden memorizar números telefónicos asociados a nombres, además de aquellos que se pueden memorizar en la memoria del móvil. Aquella dispone, además, de dos códigos de seguridad el **PIN** y el **PUK**. El PIN es un código de cuatro cifras, modificable por el abonado, sin el cual es imposible efectuar la llamada. Si el código PIN (Personal Identity Number), se introduce erróneamente tres veces consecutivas, la tarjeta se bloquea. En este caso es necesario utilizar el código PUK (Personal Unblocking Key). Si también éste se escribiera erróneamente diez veces consecutivas, la tarjeta se bloquea totalmente y será imprescindible sustituirla. Otro elemento fundamental en el GSM es el uso de tecnologías criptográficas a escala militar que ofrecen una absoluta seguridad, desde la autenticación de la tarjeta, hasta la conversación: nadie puede simular vía radio ser otro abonado ni descifrar las conversaciones vía radio.

ESTRUCTURA DEL SISTEMA GSM

En lo que se refiere a la estructura básica del GSM, el sistema se organiza como una red de células radioeléctricas

continuas que proporcionan cobertura completa al área de servicio. Cada célula pertenece a una estación base (BTS) que opera en un conjunto de canales de radio diferentes a los usados en las células adyacentes y que se encuentran distribuidas según un plan celular. Un grupo de BTS's se encuentran conectado a un controlador de estaciones base (BSC), encargado de aspectos como el handover (traspaso del móvil de una célula a otra) o el control de potencia de las BTS's y de los móviles. En consecuencia el BSC se encarga del manejo de toda la red de radio y supone una auténtica novedad respecto a los anteriores sistemas celulares. Una o varias BSC's se conectan a una central de conmutación de móviles (MSC). Este es el corazón del GSM como responsable de la inicialización, enrutamiento, control y finalización de las llamadas, así como de la información sobre la tarificación. Es también el interfaz entre diversas redes GSM o entre una de ellas y las redes públicas de telefonía o datos. La información referente a los abonados se encuentra almacenada en dos bases de datos que se conocen como registro de posiciones base (HLR) y registro de posiciones de visitantes (VLR). El primero analiza los niveles de suscripción, servicios suplementarios y localización actual, o más reciente de los móviles que pertenecen a la red local. Asociado al HLR trabaja el centro de autenticación (AUC), que contiene la información por la que se comprueba la autenticidad de las llamadas con el fin de evitar los posibles fraudes, la utilización de tarjetas de abonado (SIM's) robadas o el disfru-



HISTORIA DEL GSM

Desde el principio de los 80, después de que el NMT (“Nordic Mobile Telephone”, sistema de telefonía móvil analógico de cobertura escandinava) funcionara con éxito, fue obvio para varios países europeos que los sistemas analógicos existentes, tenían limitaciones. Primero, la potencial demanda de servicios móviles fue mayor de la capacidad esperada de las existentes redes analógicas. Segundo, las diferentes formas de operación no ofrecían compatibilidad para los usuarios de móviles: un terminal TACS (servicio de telefonía móvil analógico puesto en funcionamiento en el Reino Unido en 1985) no podía acceder dentro de una red NMT, y viceversa. Además, el diseño de un nuevo sistema de telefonía celular requiere tal cantidad de investigación que ningún país podía afrontarlo de forma individual. Todas estas circunstancias apuntaron hacia el diseño de un nuevo sistema, hecho en común entre varios países.

El principal requisito previo para un sistema de radio común, es el ancho de banda de radio. Esta condición había sido ya prevista unos pocos años antes, en 1978, cuando se decidió reservar la banda de frecuencia de 900 ± 25 MHz para comunicaciones móviles. Este problema fue el mayor obstáculo solucionado. Quedaba organizar el trabajo. El mundo de la telecomunicación siempre había estado regido por la estandarización. Diversos factores, llevaron a la creación en 1982 de un nuevo cuerpo de estandarización, cuya tarea era especificar un único sistema de radiocomunicaciones a 900 MHz. El “Groupe Special Mobile” (GSM) tuvo su primer encuentro en diciembre de 1982 en Estocolmo, bajo la presidencia de Thomas Haug de la administración sueca. Treinta y una personas de once países estuvieron presentes en este primer encuentro. En 1990, por requerimiento del Reino Unido, se añadió al grupo de estandarización la especificación de una versión de GSM a la banda de frecuencia de 1800 ± 75 MHz. A esta variante se le llamó DCS1800 (“Digital Cellular System 1800”). El significado actual de las siglas GSM se ha cambiado y en la actualidad se hacen corresponder con “Global System for Mobile Communications”.

La elaboración del estándar GSM llevó casi una década. Las principales metas alcanzadas a lo largo de esta década, se muestran en la siguiente tabla:

Fecha Logro

- 1982 Se crea el Grupo Especial Móvil.
- 1968 Se crea un Núcleo Permanente.
- 1987 Se escogen las principales técnicas de transmisión de radio basadas en la evaluación de un prototipo.
- 1989 GSM se convierte en un comité técnico del ETSI.
- 1990 Fase 1 de las especificaciones del GSM900 finalizada. Se comienza con el estándar DCS1800.
- 1991 Comienzan a funcionar los primeros sistemas (Telecom 91 de exhibición). La mayoría de los operadores europeos de GSM900 comienzan las operaciones comerciales.

Sistemas para Telefonía Celular

te del servicio por parte de impagados. El VLR contiene la información sobre los niveles de subscripción, servicios suplementarios y área de localización para un abonado que se encuentra o al menos se encontraba recientemente en otra zona visitada. Esta base de datos dispone también de información relativa a si el abonado se encuentra activo o no, lo que evita el uso improductivo de la red (envío de señales a una localización que se encuentra desconectada) El registro de identidad de los equipos (EIR) almacena información sobre el tipo de estación móvil en uso y puede eludir que se realice una llamada cuando se detecte que ha sido robada, pertenece a algún modelo no homologado o sufre de algún fallo susceptible de afectar negativamente a la red. En cuanto a las comunicaciones en la red, se ha desarrollado un nuevo esquema de señalización digital. Para la comunicación entre MSC's y registros de posición se utiliza la parte de aplicación para móviles del Sistema de Señalización número 7 del CCITT, fórmula casi imprescindible para la operación de redes GSM a nivel internacional. Entre las diversas entidades de la red se encuentran definidos interfaces estándar que aseguren un método común de acceso para todos los móviles, tanto los de diferentes países como los de diferentes administradores.

Cabe aclarar que en varios países de América Latina este sistema está en experimentación y que en Argentina, CTI móvil está ensayando esta estructura a nivel nacional y que ya se está utilizando con éxito en la región AMBA (Córdoba, Rosario y Mendoza).

GPRS **SERVICIO GENERAL DE** **RADIO POR PAQUETES**

GPRS son las siglas de **General Packet Radio Service**, o Servicio General de Radio por Paquetes. Este sistema, que permite estar siempre conectado, se integra en la estructura de la red **GSM** mejorándola y aumentando la

velocidad de transmisión de 64 a 115 kilobits por segundo, entre 5 y 11 veces superior a la de **WAP**. **GPRS** elimina el costo por conexión, facturándose por información descargados. En una primera fase, la velocidad sólo alcanzará los 50 kilobits, mientras que la capacidad del terminal será de 20 kilobits por ahora.

Esta tecnología permite desdoblarse la transmisión de voz y datos en diferentes canales que transmiten de forma paralela, permitiendo mantener conversaciones sin cortar la transmisión de datos. Cuando se trata de datos se establece una comunicación permanente mientras el terminal está conectado, lo que permite la transmisión continua de la información a mayor velocidad. La información viaja por paquetes en lugar de circuitos conmutados como sucede en GSM, donde la voz se envía por un canal siempre abierto. En **GPRS** se



puede elegir entre varios canales, de forma similar a como se realiza en Internet. El aumento de la velocidad se produce porque los datos se comprimen y se envían a intervalos regulares, llamado conmutación por paquetes, lo que aprovecha mejor la banda de frecuencia.

La mayor ventaja de **GPRS** no es la tecnología en sí misma, sino los servicios que facilita. Los terminales de este nuevo sistema permiten personalizar funciones, desarrollar juegos interactivos, e incorporan aplicaciones para el intercambio de mensajes y correos electrónicos, a los cuales se podrá acceder directamente sin la necesidad de

conectarse a Internet. Las pantallas, que serán de un tamaño mayor, serán táctiles, de alta resolución, con zoom e íconos que se activen de manera intuitiva pulsando sobre ellos con un puntero. Incorporan además una ranura para introducir la tarjeta de crédito con chip que facilitará las transacciones electrónicas más seguras. Con la tecnología **GPRS** se da un paso hacia la localización geográfica, en función de donde se

LA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA GSM

(Global System for Mobile Communications)

El GSM es un estándar internacional de comunicaciones digitales móviles, creado en 1987 tras la firma por 13 países del Memorandum de Comprensión (MoU, en sus siglas inglesas). Con este tratado se acordó la construcción de un sistema de comunicaciones estandarizado que operara en una banda de 900MHz. El funcionamiento es sencillo: la voz se convierte en una señal digital codificada, que es transmitida hasta un terminal encargado de descodificarla.

En 1994, el sistema GSM tenía poco más de un millón de usuarios. Tres años después esta cifra había rebasado ya el nivel de los 55 millones, y en 2000 superaba ya los 100 millones.

Hasta ese momento, cada país había desarrollado sistemas de telefonía celular y terminales incompatibles entre sí, lo que imposibilitaba la creación de una industria común capaz de aprovechar el desarrollo tecnológico de cada país. Además, los métodos empleados para la transmisión eran convencionales: se limitaban a utilizar la radio para enviar la voz humana como una señal analógica, que estaba por tanto sujeta a numerosas interferencias.

Las primeras especificaciones del sistema GSM fueron publicadas en el año 1990. Aunque en un principio se pensó como un sistema paneuropeo, en la actualidad es usado en más de 100 países de todo el mundo. En 1994 tenía poco más de un millón de usuarios. Tres años después esta cifra había rebasado ya el nivel de los 55 millones, y en 2000 superaba ya los 100 millones.

La familia de sistemas GSM incluye el GSM 900 y el GSM 1800, dependiendo de la banda de radio que use. El primero es el estándar utilizado en Europa y Asia, mientras el segundo es el usado en Estados Unidos. En la actualidad está en experimentación un sistema GSM (GSM 1800), compatible con los dos anteriores.

Aunque en un principio estaba previsto que el sistema GSM contara con una transmisión de datos RDSI a 64kbps, las limitaciones de costo y ancho de banda no lo permitieron. La velocidad máxima de transmisión de datos con GSM es en la actualidad de 9.600 bps.