

# Sistema Global para Comunicaciones Móviles

## GSM

### Abstracto

La tecnología GSM revolucionó el área de la comunicación celular a principios de los años 90. La necesidad de lograr una red uniforme y estándar llevó a diferentes países a crear de forma conjunta una red global que permitiese a los usuarios realizar diversas funciones con sus móviles y no limitándolos a simples llamadas.

Se explicará el significado de las siglas de GSM, su historia y características de la misma. Como también se explicara la evolución de la tecnología, en cuanto a las mejoras y emigración a la próxima generación. Además explicaremos la arquitectura de la red, así como las ventajas y/o desventajas en comparación con otra tecnología predominante. Por otro lado se presentarán los tipos de GSM existentes y como esta tecnología se proyecta al futuro.

### 1. Historia



En el inicio de los años 80 los primeros sistemas de comunicaciones celulares móviles aparecieron en el mundo. Cada nación desarrollaba su propio sistema y un teléfono móvil funcionaba únicamente en el país en que era comprado. Todo esto debido a que la tecnología de un país no era compatible con la del otro. Es por eso que se denominaban tecnologías nacionales.

En 1982, un consorcio de países europeos creó el (Group Spéciale Mobile) GSM para desarrollar una tecnología celular que proveyera un servicio común de telefonía móvil europea. Desde el inicio el grupo tenía la idea de que el nuevo estándar debía utilizar la tecnología digital envés de la

análoga. El grupo tenía que elegir entre la solución de banda ancha (broadband) o banda estrecha (narrowband) y los modelos de transmisión o división de las frecuencias. Por esta razón, se efectuaron varias pruebas de campo para decidir entre ellas. Se eligió la solución narrowband TDMA (Time División Múltiple Access).

La primera fase de la red GSM fue lanzada en 1991 cubriendo las principales ciudades europeas y fue seguida por varias más el año siguiente. En 1995 la segunda fase de la red añadió el envío de datos, fax y vídeo a través del GSM. El sistema tuvo una gran acogida y se fue expandiendo por varios países del mundo. Se hizo evidente que GSM sería una tecnología global y no europea. Así fue como las siglas GSM comenzaron a significar "Sistema Global para Comunicaciones Móviles".

### 2. Evolución



Figura 1. Evolución de GSM

#### a) Segunda Generación

La primera generación de celulares (1G) surge en Europa y al solo poder transmitir voz en forma análoga, abrieron las puertas a la segunda generación (2G) GSM, que se caracterizaba por transmitir de forma digital. Su principal característica es la capacidad de transmitir datos además de voz a

una velocidad de 9.6 kbit/s. Esto le ha permitido sacar a la luz el famoso y exitoso sistema de mensajes cortos (SMS). La frecuencia que utiliza en Estados Unidos es de 1900 MHz y en Europa y otros países extranjeros es de 1800 MHz. GSM utiliza la modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).

b) Generación 2.5.

El GSM fue evolucionando en el 2001 al GPRS (General Packet Radio System), a lo que se comenzó a llamar la generación (2.5G). El GPRS está diseñado para hacer uso de internet en el celular y sus servicios derivados como, escribir y recibir correos electronicos, transferencias de datos por FTP (*File Transfer Protocol- protocolo de transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red*) y llamadas VoIP (*Voz sobre IP - envía la señal de voz en forma digital en paquetes en lugar de enviarla a través de circuitos para telefonía*) de una manera veloz y eficiente, a través de la red GSM. La velocidad máxima que puede alcanzar GPRS es 171.2 kbit/s. O sea que la principal ventaja que aporta GPRS respecto a GSM es una mayor velocidad de transmisión, convirtiéndolo en el portador ideal para los servicios WAP (*Wireless Application Protocol- acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil.*).La tecnología GPRS utiliza la modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).

c) Generación 2.75

Luego el GPRS fue evolucionando a la tecnología EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution). Se le considera como la tecnología (2.75 G). El EDGE es otra tecnología desarrollada de las redes GSM, permitiendo velocidades de datos de hasta 384 kbit/s. Lo que permite soportar una más amplia gama de servicios, principalmente acceso a Internet, transmisión de grandes volúmenes de información, audio y video. Se trata de una tecnología que mejora el ancho de banda de la transmisión de GSM y GPRS. La modulación que utiliza esta tecnología es 8PSK (8 Phase Shift Keying).

d) Tercera Generación

La tercera generación (3G) tuvo su aparición con el UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) también llamado W-CDMA. El UMTS además de ser una mejora del EDGE, evolucionó para poder integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes de la segunda generación como: el PDC (Personal Digital Cellular) que se utiliza en Japón, iDEN (Integrated Digital Enhanced Network) desarrollada por Motorola, IS-136 (Interim Standard 136) basado en TDMA y la IS-95 (Interim Standard 95) basado en CDMA. Sus grandes características son las capacidades multimedia, acceso a Internet, transmitir audio y video a tiempo real o las llamadas video conferencias. La velocidad que nos ofrece el UMTS es una máxima de 2 Mbit/s. Utiliza la modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). La principal ventaja de UMTS sobre la segunda generación móvil (2G), es la capacidad de soportar las altas velocidades de transmisión de datos. El paso de la segunda a la tercera generación significará además del cambio de terminal el cambio del comercio electrónico. Ya que esta generación es muy beneficiosa para los comerciantes.

e) Generación 3.5

La tecnología HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) es la mejora de la tecnología UMTS. Es la evolución de la tercera generación (3G) de tecnología móvil, llamada (3.5G), y se considera el paso que hay que dar para llegar a la cuarta generación (4G). Consiste en un nuevo canal que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información hasta alcanzar velocidades de 14.4 Mbit/s. Es totalmente compatible con todas las aplicaciones en multimedia desarrolladas para UMTS. Además permite que la red sea utilizada simultáneamente por un número mayor de usuarios. HSDPA provee tres veces más capacidad que UMTS. En cuanto a las aplicaciones en tiempo real como videoconferencia y juegos entre múltiples jugadores, actualiza tecnología al mejorar su ancho de banda y al acortar la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red, brindando así mejores tiempos en respuesta.



Además del gran uso que se le da al HSDPA en la tecnología celular, varias compañías de computadoras lo están auspiciando, ya que se está utilizando como acceso a internet inalámbrico ya que existen tarjetas HSDPA portátiles. En varios estudios donde se han probado estas tarjetas HSDPA se ha demostrado el rápido acceso a la internet que este puede brindar al compararse con otros servicios de internet inalámbrico. Pero como, todo tiene sus debilidades y lo es el alto costo que suele tener.

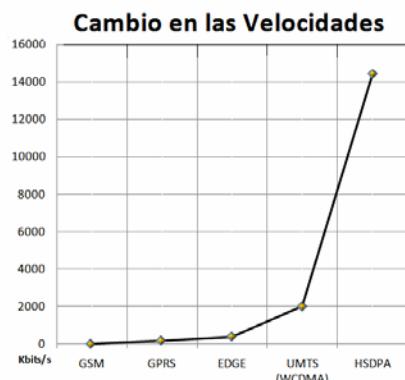


Figura 2 Cambio en las velocidades de las tecnologías.

### 3. Características de GSM

Bandas GSM				
Sistema	Hacia el BS MHz	Desde el BS MHz	Ancho del canal kHz	Número máximo de canales
GSM-900	890-915	935-960	200	125
E-GSM	880-915	925-960	200	175
GSM-1800	1710-1785	1805-1880	200	375
GSM-1900	1850-1910	1930-1990	200	300

Figura 3 Bandas GSM.

La familia de GSM está compuesta por cuatro sistemas principales. Primero tenemos el GSM-900, este es la red celular original y opera a 900 MHz. Esta diseñada para áreas extensas y por ende requiere más potencia para operar. Luego tenemos el GSM-1800 y GSM-1900 los cuales

incorporan servicios de comunicación personal y operan a frecuencias de 1800 y 1900 MHz respectivamente. GSM-1800 se diseñó para operar en Europa mientras que GSM-1900 opera en América y ambas requieren poca potencia para operar ya que cubren áreas más pequeñas. Por último tenemos el E-GSM, el cual es una versión mejorada del GSM-900 donde se extendió la banda de operación y se redujo el área de cobertura, así requiriendo menos potencia.

La característica principal de GSM es que todos los teléfonos móviles son creados bajo los mismos estándares. Primero, tenemos que todos son compatibles con el módulo de identidad del subscriptor (SIM). Contrario a lo usual que cada móvil contenía una identidad única, en este caso quien contiene toda la información del cliente es el SIM. Esta tarjeta contiene un número único y puede ser utilizado en cualquier móvil GSM sin la necesidad de contactar a su compañía para poder activar el móvil. A cada tarjeta el usuario le asigna un código de cuatro caracteres por motivos de seguridad por si en algún momento se le pierde la tarjeta nadie pueda acceder a la información.

Con esta tecnología el cliente puede comunicarse desde cualquier país con tecnología GSM ya que pueden tener "roaming". Todo esto es desde el punto de vista del cliente, además de una gama de nuevos servicios explicados más adelante.

Para las compañías GSM representó mucho más, ya que tenían en sus manos una tecnología mucho más competente a un menor costo de operación. El costo de infraestructura era mucho menor y la instalación era mucho más fácil. GSM es una tecnología con un alto grado de flexibilidad y eficiencia espectral. Con una gran calidad de señal e integridad entre las redes. Además opera con facilidad con ISDN, CSPDN y PSTN.

La introducción de GSM fue totalmente revolucionaria ya que se mejoraron todos los servicios anteriormente ofrecidos y se añadió una enorme gama de servicios donde se cambió la perspectiva de los teléfonos ya que también se podía transmitir data. La transmisión cambió a formato digital, por ende la calidad del audio mejoró grandemente y además pudieron ofrecer nuevos

servicios en el mismo canal ya que la señal ocupa menos ancho de banda.

#### A. Servicios de GSM

##### Servicios de voz

- Manejo de llamadas entrantes – ofrece al usuario varias opciones para manejar las llamadas entrantes.
- Buzón de mensaje – luego de ciertas veces que suene el móvil el sistema envía la llamada al sistema de mensaje de voz.
- Transferencia de llamadas – permite al usuario transferir llamadas entrantes a otro móvil.
- Restricción de llamadas – permite establecer que números se pueden realizar llamadas.
- Mostrar u Ocultar Números – es la opción de que se muestre el número de teléfono en el móvil del que recibe la llamada.
- “Push-to-talk” – permite al usuario utilizar su móvil como “walkie-talkies” comunicándose únicamente con un grupo selecto de su lista de amigos.

##### Servicios de Mensaje

- SMS – servicio para enviar y recibir cortos mensajes de texto de hasta un máximo de 160 caracteres.
- MMS – servicio para enviar mensaje de texto, fotos, videos, audio o la combinación de las cuatro.
- IM – servicio de mensaje instantáneo enviado en tiempo real.
- E-mail – permite al usuario tener acceso a su cuenta de correo electrónico.

##### Servicio de Entretenimiento

- Tv/Video – permite al usuario ver programación de Tv en su teléfono móvil.
- Música – servicio de reproducción de música.
- Juegos – el usuario puede acceder a juegos ya sea en le teléfono o en la red.
- Acceso a Internet – permite al usuario navegar en la red.
- Servicio de Ubicación – el usuario puede conocer la posición exacta y lugares de interés alrededor de este.

##### Servicio de Video

- Compartir video – permite compartir videos en vivo mientras mantiene una conversación.

## 4. Arquitectura de la Red GSM

La arquitectura de GSM tiene 4 sistemas principales de transmisión: “Movil Station”, “Base Station Sub-System”, “Network Sub-System” y el “Network Management Center”. Cada sistema consta de varias funciones las cuales están conectadas por interfaces estándares.

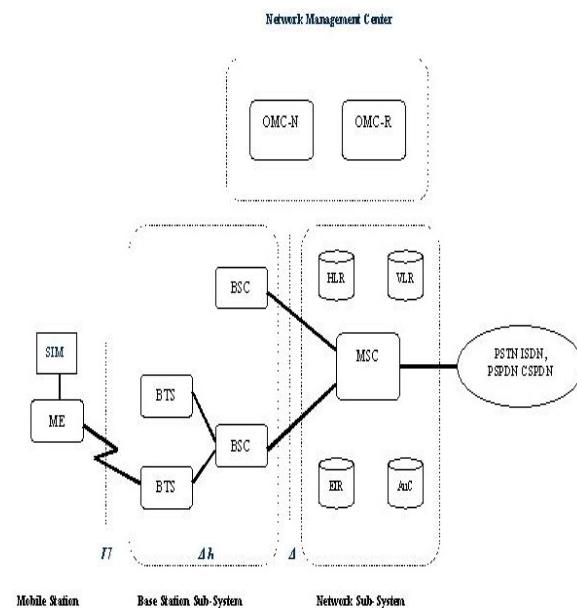


Figura 4 Arquitectura GSM

Mobile Station: Esta comprendida por los elementos Mobile Equipment y por el Subscriber Identity Module (SIM). Este permite hacer llamadas y también recibirlas por medio del SIM en cualquier terminal.

- a) Mobile Equipment: Es la unidad móvil la cual está identificada por el International Mobile Equipment Identity (IMEI), ésta

consiste de 15 cifras en el siguiente orden:  
IMEI=TAC,FAC, SNR,SP.

- Type Approval Code (TAC)- 6 cifras, es determinado por GSM.
  - Final Assembly Code (FAC)- 2 cifras, identifica al fabricante.
  - Serial Number (SNR)- 6 cifras, número de serie.
  - Supplementary Number (SP)- 1 cifra, cifra de reserva.
- b) Subscriber Identification Module (SIM): Identifica al usuario de GSM, tiene números telefónicos del usuario, memorias para mensajes de texto y toda esta información es protegida por el International Subscriber Identity (ISMI). Las cifras de ISMI son variables y llevan el siguiente orden: ISMI=MCC, MNC, MSIN.
- Mobile Country Code (MCC)- 2 ó 3 cifras identifica el código del país.
  - Mobile Network Code (MNC)- 2 cifras, número de la red.
  - Mobile Station Identification Number (MSIN)- 13 cifras máximo, identifica la estación móvil.

Base Station Sub-System: Controla la interface de radio y se compone de una ó más Base Transceiver Station y por un Base Station Controller, los cuales se comunican entre sí con el fin de permitir la operación de componentes aunque sean de distintos fabricantes.

- a) Base Transceiver Station (BTS)- Instalación fija de radio para la comunicación bidireccional (Full Duplex). Estas trabajan a frecuencias de 900 a 1900 MHz y son quienes realizan el enlace con el usuario que efectúa ó recibe la llamada con una unidad móvil. Las estaciones en general están ubicadas en lugares altos para dar una mejor área de cobertura y son tipo dipolo.



Figura 5 Base Transceiver Station

- b) Base Station Controller (BSC)- Controla la conexión entre las Base Transceiver Station y las Mobile Switching Center. Permite la gestión y configuración del canal de radio para cada llamada tiene que elegir la celda correcta y luego seleccionar el canal radio más apto para efectuar la conexión. La gestión de los handover: sobre la base de las medidas recibidas por el BTS, decide cuando efectuar el handover, es decir el cambio de celda cuando el usuario se desplaza de la celda en que se encuentra a otra durante una conversación.

Network Sub-System: Enruta la conexión entre los usuarios de la red móvil mediante el Mobile Switching Center y funciones de database, que se distribuyen en los siguientes: HLR, VLR, AUC, EIR los cuales ayudan a la identificación de los terminales y usuarios, actualizan su posición, la posición y conducción de las llamadas a los usuarios en roaming.

- a) Mobile Switching Center: Se ocupa de enrutar las llamadas que son conectadas por el base station hacia otro Movil Switching Center ó Public Switched Telephone Network entre otros servicios para poder efectuar la comunicación entre dos usuarios independientemente si es un móvil o teléfono residencial.
- b) Home Location Register: contiene toda la información administrativa sobre el usuario del servicio y la localización actual del terminal. Es a través del HLR que la red verifica si un móvil que se intenta hacer una llamada posee un contrato válido, de estar

subscrito el MSC conecta la llamada. Dentro del HLR se identifica en el siguiente orden MSISDN=CC, NDC, SN.

- Country Code (CC)- Código Internacional.
  - National Destination Code (NDC)- Código Nacional.
  - Subscriber Number (SN)- Número que identifica al usuario.
- c) Visitor Location Register (VLR)- Contiene una base de datos del servicio de un usuario dentro de una zona geográfica. Si un usuario intenta de utilizar un servicio al cual tiene restricciones el VLR bloquea el servicio al usuario.
- d) Authentication Center (AUC)- Verifica si un usuario que intenta accesar el servicio de GSM tiene dicho acceso por medio del SIM ya que esta le envía el IMSI. Una vez a identificado al usuario este se conecta al HLR para así poder disfrutar del servicio. Además el AC evita que se clonen las tarjetas de SIM.
- e) Equipment Identity Register: Verifica si el equipo que está intentado accesar a la red GSM está autorizado, ya que este es una base de datos que se divide en tres secciones:
- White List: Contiene los IMEI designados a todos los usuarios de las naciones con las que se tienen acuerdos roaming internacional.
  - Black List: Permite que un móvil sea usado si este está autorizado en el EIR.
  - Grey List: Permite que el móvil sea usado pero el grey list lo estará monitoreando mediante el SIM.

Network Management Center ó Operation and Maintenance Center: accesa remotamente los componentes de la red: (BSS, MSC, VLR, HLR, EIR y AUC). Verifica que toda la red está funcionando correctamente además de recoger los datos de los

usuarios para hacer la facturación. Se le pueden hacer cambios a la red desde NMC y también conocer la posición de los usuarios.

## 5. GSM vs. CDMA

El propósito primordial de la implementación de la tercera generación es de superar las limitaciones y defectos de las tecnologías anteriores. La tercera generación se caracteriza básicamente en la convergencia de voz y datos con conexión de Internet inalámbrico y aplicaciones que requieren transmisiones de data superiores.

El CDMA es proveniente de una tecnología militar utilizada en la segunda guerra mundial la cual después fue adoptada como para uso civil. Esta tecnología es oriunda de un estándar de la compañía estadounidense Qualcomm. El GSM es una tecnología mas reciente y proveniente de Europa; ya que los europeos no querían pagar una licencia a Qualcomm por la utilización del estándar de ellos, crearon un estándar propio, el cual fue el TDMA. El GSM funciona con 4 bandas en las cuales comúnmente son:

- 900MHz y 1,800MHz en Europa.
- Asia de 850MHz.
- 1,900MHz en Estados Unidos y Sur América.

El GSM nos permite hacer ocho llamadas a la vez bajo la misma frecuencia. De esta manera, la frecuencia se divide en múltiples canales que son unidos a un solo canal. Dado esta técnica, podemos tener varios usuarios haciendo uso del mismo dentro de un solo canal.

CDMA funciona de una forma distinta ya que este envía la información a través del canal después que el canal ya está digitalizado. La mayoría de las llamadas se envían una por encima de la otra a través del mismo canal. A cada llamada se le asigna su propio código de frecuencia para distinguir la señal de otras. Este método ofrece más seguridad que el GSM, hay menos probabilidad de intervención.

El GSM funciona con una tarjeta pequeña que es una identificación única para cada usuario. Esta tarjeta le da la ventaja al usuario de almacenar su información dentro del mismo. Las compañías CDMA para responder a esta ventaja de GSM, está permitiendo almacenar información de cada usuario en una base de datos de la compañía respectiva.

En conclusión a esta comparación el CDMA provee muchos usuarios utilizando la frecuencia a la misma vez sin interferencias. Pero la desventaja de una llamada sin interferencias, es que también trae problemas en calidad de señal. GSM tiene limitaciones en la cantidad de usuarios bajo la utilización de la misma frecuencia simultáneamente, pero la calidad de la llamada no se limita; esto proporciona entonces que un usuario encuentre la frecuencia a la cual este tratando acceder.

velocidad depende mucho de otros factores tales como sectoring, condiciones de propagación, la velocidad del usuario y la polarización de la antena.

- El UMTS también integra la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad para dar ventaja a una conectividad virtual a la red en cualquier momento.
- El GSM es la tecnología mas utilizada del mundo. Cerca del 75% de todos los usuarios registrados con servicios inalámbricos, utilizan la tecnología GSM. Esto es una clara ventaja porque dentro de alrededor de los 210 países que utilizan esta tecnología, el usuario estará conectado a la red mediante roaming.
- Cada usuario tendrá una cobertura enorme.
- Otra ventaja clara del GSM es el uso de una tarjeta pequeña la cual es la identificación única de cada unidad móvil. Estas tarjetas poseen la capacidad de almacenar data personal.

## 6. Ventajas y/o Desventajas

GSM tiene muchas ventajas y/o diferencias sobre el CDMA, pero también tiene muchas desventajas. La UMTS, la cual es la nueva tecnología 3G en GSM, tiene varias ventajas sobre el CDMA 2000, el cual también es la tecnología 3G de CDMA. Para empezar:

- La UMTS asegura compatibilidad con las versiones anteriores de GSM tales como GPRS, EDGE, y 2.5G TDMA.
- El UMTS también provee paquetes de data de hasta 2.048 Mbps por cada usuario con propósito para data de alta calidad, multimedia, streaming audio/video, y servicios de broadcasting.
- Esta tecnología también va adquirir el Protocolo de Internet (IP) lo cual presta para servicios de multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de ancha banda como lo son el servicio de video telefonía y video en conferencia (audio/video streaming)
- El espectro nuevo del UMTS es de 5 MHz para la utilización de todas las aplicaciones y la demanda por una conexión de red más veloz.
- Este ancho de banda, provee un data rate de 8 kbps hasta 2 Mbps el cual soporta entre 100 y 350 llamadas de voz simultáneamente. Esta

Las desventajas del UMTS son unas cuantas pocas, pero a pesar de sus malas cualidades, el UMTS aun se destaca como mejor opción de tecnología inalámbrica. Algunas de las desventajas son:

- El ancho de banda más grande también trae una desventaja grande. Los costos son elevados para la operación de esta tecnología que requieren un cambio de equipos de radio frecuencia y también equipos diferentes en cada base station.
- Los usuarios nuevos de la tecnología 3G, también deben de tener equipos que soporten esta tecnología. Una unidad móvil que pueda acceder diferentes tecnologías tales como tri-band o quad-band seria lo ideal.
- Se podría deducir que la implementación de UMTS será un proceso lento dado a los costos elevados el cual requiere para llegar a la velocidad prevista. Países con economías más lentas quizás podrían ver esta tecnología de aquí unos 10 años.

El CDMA 2000, también provee un data rate alto para usuarios que aun estén en 2G o 2.5G. El data rate de esta tecnología es de 307 kbps por cada

usuario, pero la velocidad típica es de 144 kbps, dependiendo de la velocidad del usuario y la cantidad de usuarios.

Una gran ventaja que tiene el CDMA 2000 al UMTS, es que no requiere un cambio de equipos de radio frecuencia como lo requiere el UMTS. El CDMA 2000 solo requiere de unos cambios de software; esto se debe a que el ancho de banda de 1.25 MHz se mantuvo igual. Como había mencionado anteriormente, el CDMA no utiliza un smart-card el cual se puede almacenar información, pero si proveen el servicio de guardar esta información en la base de datos de la respectiva compañía.

## Bibliografía

1. *Introduction to Wireless Systems*,  
P. Mohana Shankar, Wiley, 2002.
2. Rappaport, T. S., *Wireless Communications: Principles and Practice*, 2<sup>nd</sup> Ed., Prentice Hall, 2002.
3. Lee, W. C.Y., *Wireless & Cellular Telecommunications*, 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw Hill, 2006
4. [www.3gsmworldcongress.com](http://www.3gsmworldcongress.com)
5. [www.gsmworld.com](http://www.gsmworld.com)
6. [www.3gsm.co.uk](http://www.3gsm.co.uk)
7. [www.youtube.com/watch?v=8kLFPfaxQ6U](https://www.youtube.com/watch?v=8kLFPfaxQ6U)