

Unidad III: Comunicaciones móviles 4G, 5G

Ing. Deysi Inca Balseca



Contenido

Redes móviles de Telecomunicación

- Redes celulares de telefonía móvil
- Principio de sectorización
- Métodos de acceso
- Principios de reconexión automática

Redes móviles GSM

- Arquitectura GSM
- Estructura y funcionalidad del terminal móvil
- Transmisión de datos GPRS en GSM
- Transmisión de datos EDGE en GSM

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)

- Asignación de frecuencias UMTS
- WCDMA
- Arquitectura de red
- HSDPA y HSUPA

Long Term Evolution (Advanced) - LTE(-A)

- Arquitectura de red
- Nivel físico LTE/LTE-A
- Transmisión con múltiples antenas
- Agregación de portadoras
- Femtoceldas

Redes 5G

- Tecnología 5G
- Arquitectura 5G
- Estaciones base y equipos terminales
- Espectro electromagnético
- Requerimientos técnicos y marco legal

Aplicaciones y servicios

- Marco regulatorio internacional para 5G
- Internet móvil



Redes móviles GSM



Sistemas Celulares de Segunda Generación

Motivación para 2G Celular Digital:

- Aumentar la capacidad del sistema
- Agregar servicios adicionales / características (SMS, identificador de llamadas, etc ..)
- Reducir el Costo
- Mejorar la seguridad
- La interoperabilidad entre los componentes / sistemas (sólo GSM)



Groupe Spécial Mobile

- Grupo encomendado en establecer un nuevo estándar digital.
- Crear un sistema digital celular en el que roaming internacional se realice fácilmente con una variedad de servicios mejorados.
 - A diferencia de D-AMPS, GSM no requería soportar la red analógica existente, sino que sería un reemplazo total.
 - Para resolver el problema de fragmentación de los primeros sistemas celulares en Europa.
- Como apoyo al grupo, la Comunidad Europea asignó una nueva región del espectro, específicamente para el sistema totalmente digital.



Global System for Mobile Communications

- Convenientemente, las iniciales se acomodaron al nuevo significado.
- Regulado por ETSI que lo adoptó en 1991.
- A fines de 1993, algunos países no europeos, como países en Sudamérica, Asia y Australia adoptaron GSM.
- Es un estándar de un sistema de segunda generación.

El fenomenal crecimiento del estándar por todo el mundo no tiene precedentes.

- Alguna forma de GSM se usa en todo continente habitado.
- La Asociación GSM aseguraba que a inicios del 2004 había mas de un billón de usuarios en todo el mundo.

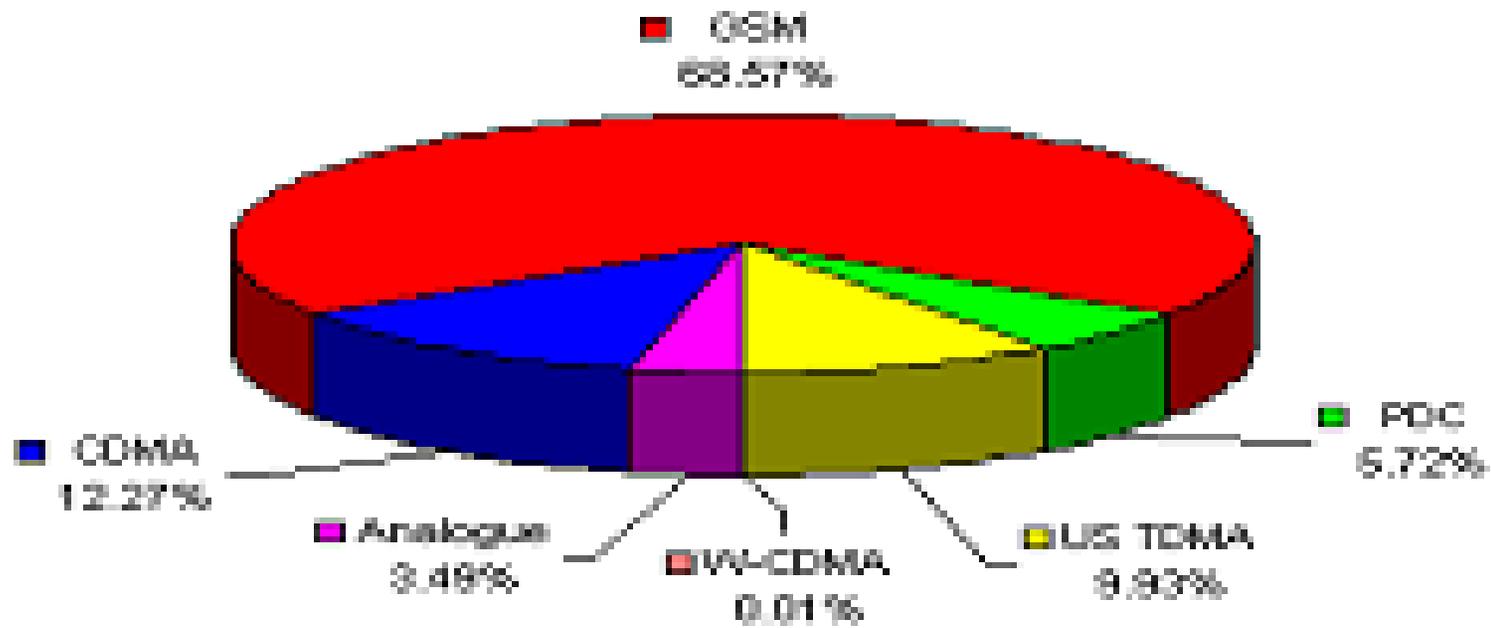


- Variedades (ARFCN- absolute radio frequency channel number)
- Existe versión a 400 MHz

Table 1.5 GSM frequency bands

Band	ARFCN	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)
GSM 900 (Primary)	0–124	890–915	935–960
GSM 900 (Extended)	975–1023, 0–124	880–915	925–960
GSM 1800	512–885	1710–1785	1805–1880
GSM 1900 (North America)	512–810	1850–1910	1930–1990
GSM 850 (North America)	128–251	824–849	869–894
GSM-R	0–124, 955–1023	876–915	921–960

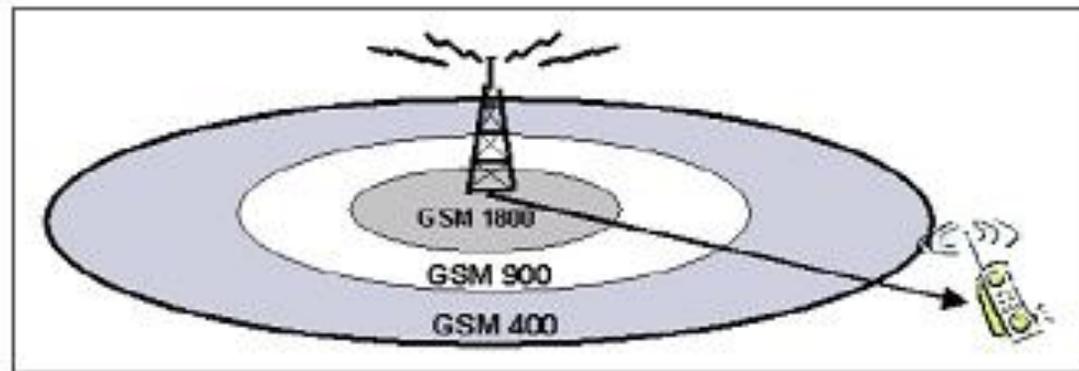




GSM 400

- ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) estableció una norma regional para la aplicación GSM en la banda de 400 MHz.
- La utilización de frecuencias en la banda 400 MHz, en lugar de las bandas 900/1800 MHz, permite que cada estación base cubra una zona más amplia.
- La cobertura de una zona amplia se adapta mejor a la baja densidad de las poblaciones rurales, dispersas en una extensa zona

Alcance comparativo de GSM 400/900/1 800



Ventajas sobre sistemas analógicos

- Soporte para roaming internacional
- Una distinción entre usuario y dispositivo
- Calidad mejorada de voz
- Seguridad (autenticación y encriptación)
 - Una transmisión en GSM está encriptada, es privada.
- Nuevos servicios adicionales (SMS y caller ID)



Un verdadero estándar

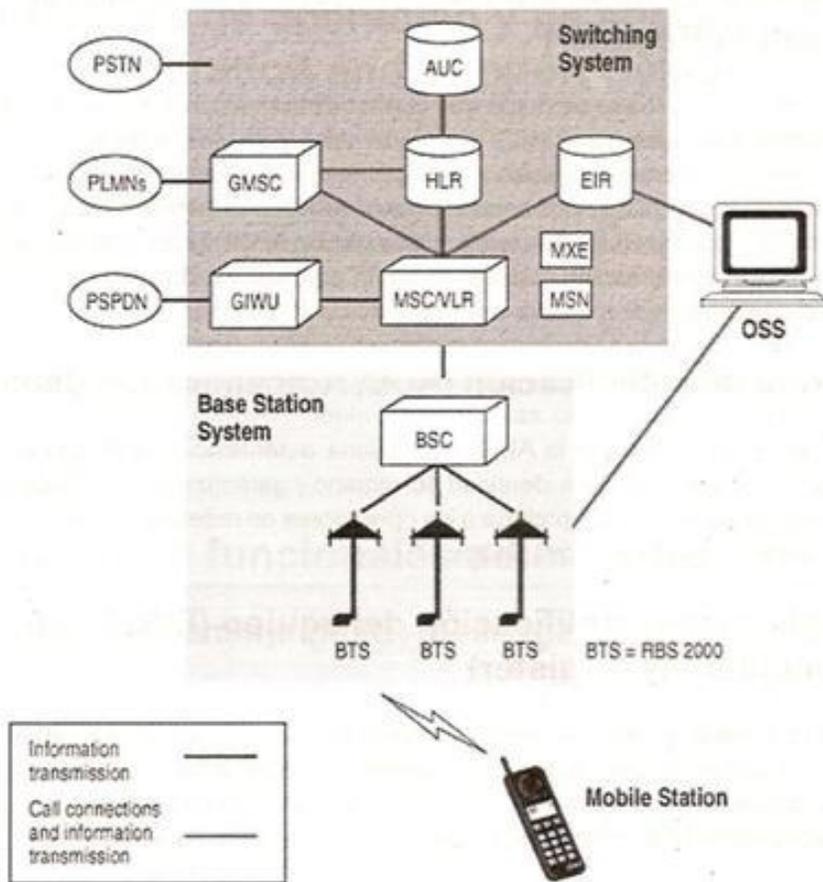
- Se estandariza todo el sistema, incluyendo todas las interfaces entre los diferentes componentes del sistema.
 - En el caso de los sistemas norteamericanos, la mayor parte de las interfaces son propietarias.
 - La mayoría de sistemas norteamericanos tomaron gran parte de la terminología para sus sistemas de GSM.
- Especifica modulación digital, arquitectura a nivel de red y servicios.



Arquitectura

- GSM se refiere a las interfaces estandarizadas
- Nomenclatura conocida:
 - BTS (Base Transceiver Station),
 - BSC (Base Station Controller),
 - BSS (Base Station System),
 - MSC.





- La red GSM se divide en tres grandes sistemas:
- El sistema de conmutación(SS,Switching System)
- El sistema de estación base(BSS,Base Station Sytem)
- Sistema de operación y soporte(OSS,Operation and Support System)



Arquitectura

BSC (Base Station Controller):

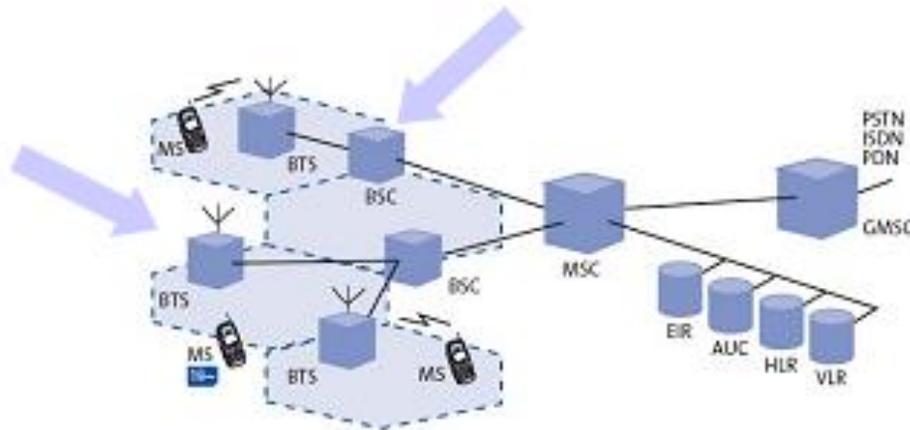
- Proporcion a todas las funciones de control y los enlaces físicos entre el MSC y BTS.
- Conmutación de alta capacidad que ofrece funciones tales como transferencia, los datos de configuración de la celda, y el control de la frecuencia de radio(RF) de los niveles de potencia en las estaciones de transceptor de base.
- Un número de BSCs son atendidos por un MSC.
- Asignación de recursos de radio a una estación móvil, para una o varias BTSs
- Administración de las frecuencias de radio (frequency hopping).
- Maneja el handoff de una estación móvil de una celda a otra dentro del BSS.
- Controla el paging.
- La función BSC puede estar físicamente ubicada en el mismo lugar que una BTS.
- En este caso no se necesita el interfaz Abis.



Arquitectura

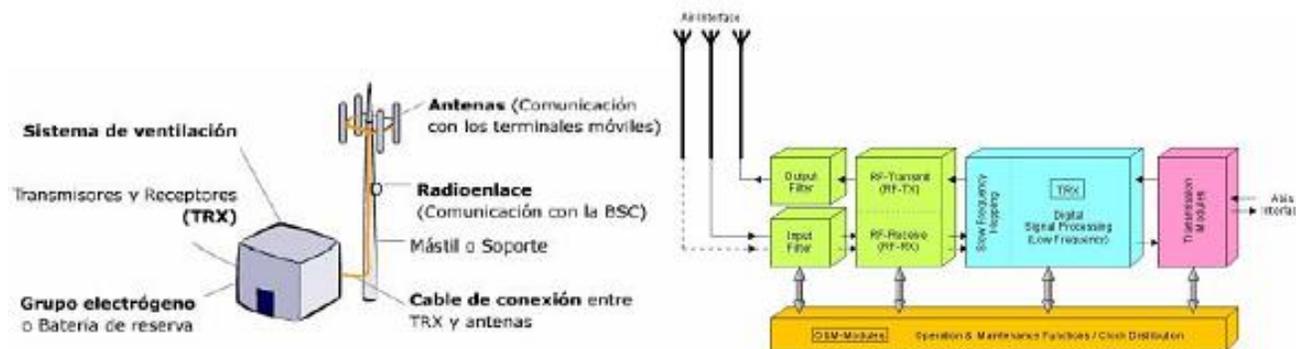
BSC (Base Station Controller):

- Asignación de recursos de radio a una estación móvil, para una o varias BTSs
- Administración de las frecuencias de radio (frequency hopping).
- Maneja el handoff de una estación móvil de una celda a otra dentro del BSS.
- Controla el paging.
- El BSC proporciona todas las funciones de control y los enlaces físicos entre el MSC y BTS.
- Se trata de una conmutación de alta capacidad que ofrece funciones tales como transferencia, los datos de configuración de la celda, y el control de la frecuencia de radio(RF) de los niveles de potencia en las estaciones de transceptor de base.
- Un número de BSCs son atendidos por un MSC.
- Recoge estadísticas y alarmas tanto de su propio funcionamiento como de las BTS (detección de posibles problemas en la red radio)



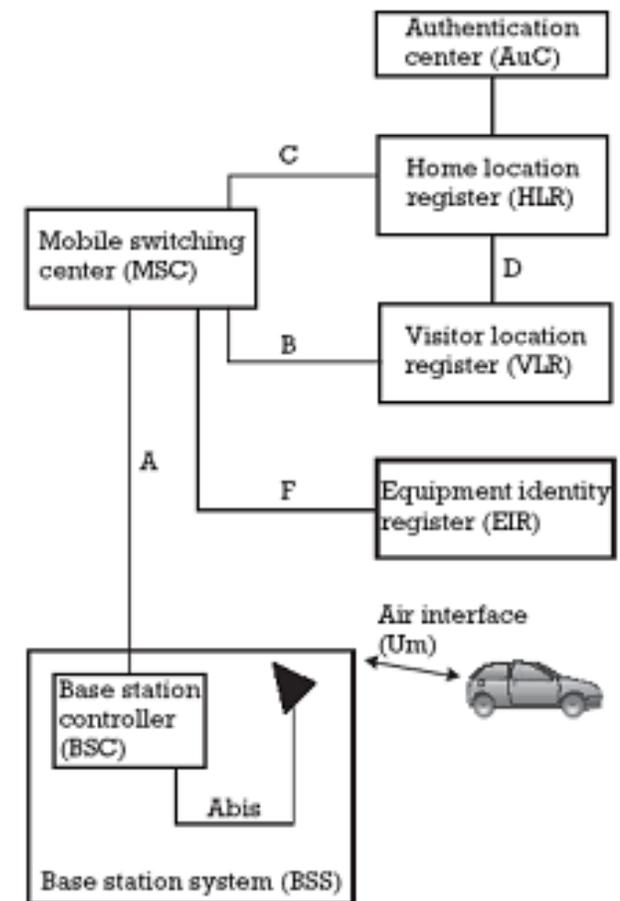
BTS Base Transceiver Station

- El BTS se encarga de la interfaz de radio a la estación móvil.
- El BTS es el equipo de radio (trascceptores y antenas) necesarias para el servicio de cada celda de la red.
- Un grupo de BTS son controlados por un BSC.
- Constituidas por :
 - Equipos transmisores/receptores de radio(transceptores)
 - Elementos de conexión al sistema radiante (combinadores, multi acopladores, cables coaxiales)
 - Antenas
 - Instalaciones accesorias (torressoporte, pararrayos, tomas de tierra, etc..)



El MSC sirve como la puerta de enlace hacia:

- El mundo exterior (PSTN).
- Diferentes bases de datos necesarias para administrar a los usuarios en la red.
- HLR, VLR, AC, EIR.

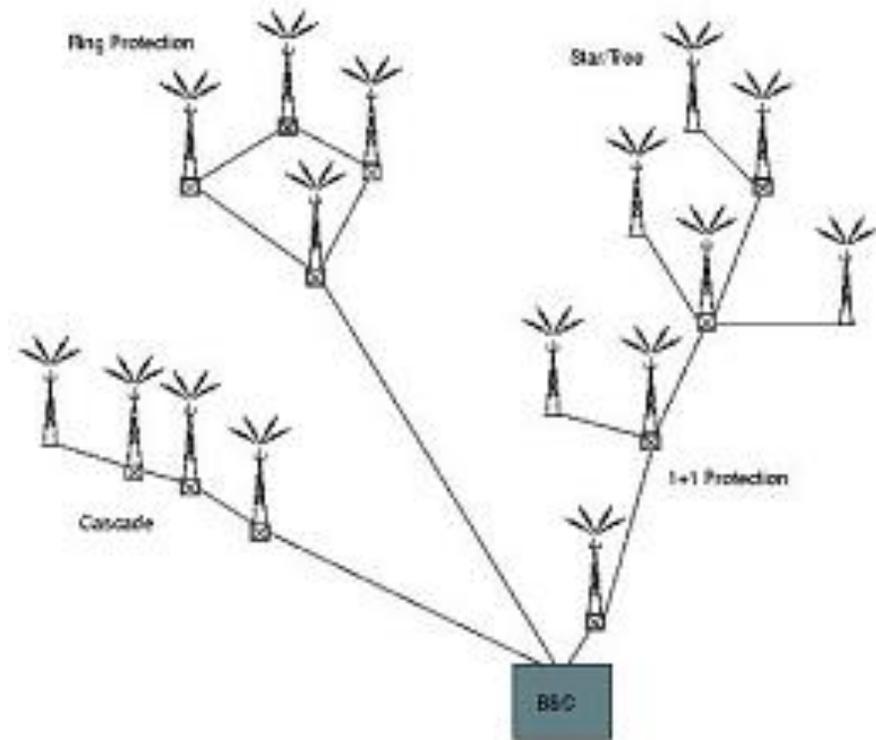


The GSM network architecture. Note that in GSM all of the interfaces are standardized (A, B, C, D, F, Abis, and Um interfaces are shown).



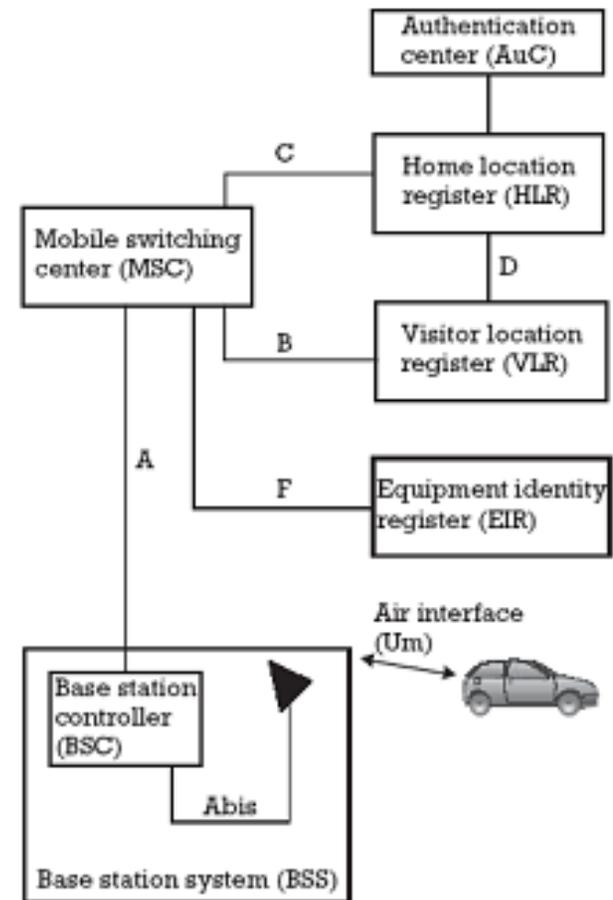
Conexiones típicas BTS-BSC (topología)

- Conexión en estrella: En este caso la configuración física coincide con la lógica, todas las BTS van directamente conectadas al BSC.
- Configuración en estrella remota: Una BTS actúa como concentrador de otras cercanas a ella.
- Conexión en anillo: Es la más fiable junto a la de estrella, al proporcionar un camino alternativo para cada BTS.
- Conexión encascada: Las BTS se encadenan una a otra. Permite un ahorro muy grande en el coste de los enlaces.



HLR Home Location Register

- Es una base de datos utilizada para el almacenamiento y la gestión de las suscripciones.
- El HLR es considerado la base de datos más importante, ya que almacena permanente los datos sobre suscriptores, incluyendo el perfil de servicio del suscriptor, información de ubicación, y el estado de actividad, de tal forma que la red pueda enrutar las llamadas apropiadamente.
- Cuando una persona compra una suscripción de uno de los operadores móviles de Servicios de Comunicaciones Personales (PCS, Personal Communications Services), la persona es registrada en el HLR de ese operador móvil

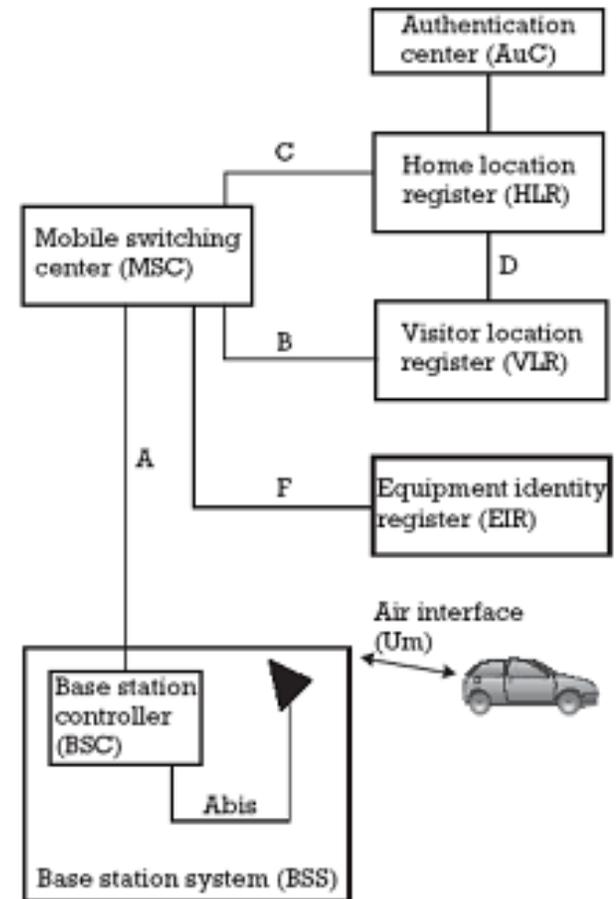


The GSM network architecture. Note that in GSM all of the interfaces are standardized (A, B, C, D, F, Abis, and Um interfaces are shown).



HLR Home Location Register

- Ayudan en el objetivo principal de diseño de GSM: roaming internacional.
- La HLR contiene detalles de la suscripción de cada abonado (información mayoritariamente estática).
- Puede manejar, típicamente, la información de cientos de miles de abonados.
- Para ubicar al abonado, la HLR almacena la información del área en la que el abonado se registró por última vez.

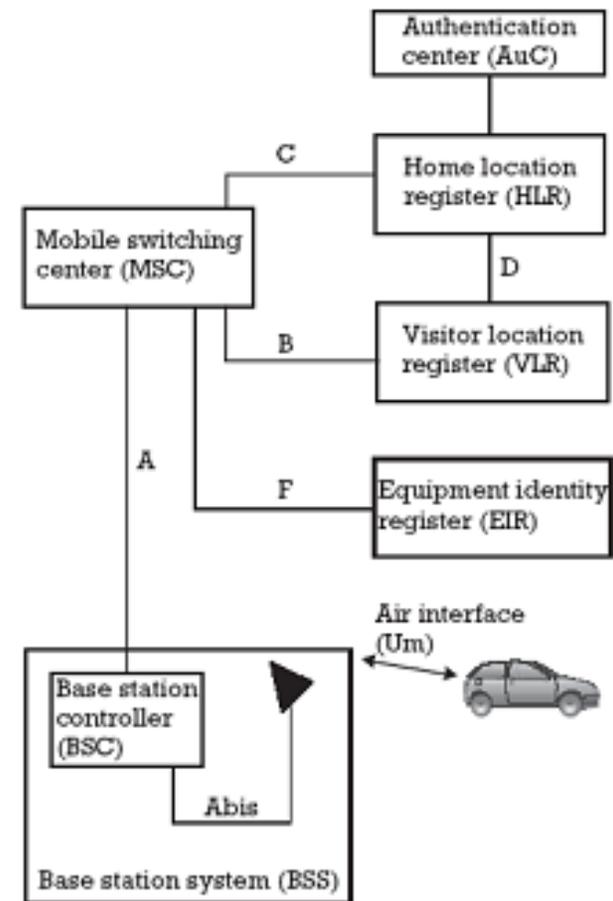


The GSM network architecture. Note that in GSM all of the interfaces are standardized (A, B, C, D, F, Abis, and Um interfaces are shown).

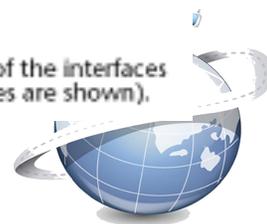


VLR, Visitor Location Register

- El VLR es una base de datos que contiene información temporal sobre los abonados que necesita el MSC, con el fin de dar servicio a los suscriptores visitantes.
- El VLR está integrado al MSC.
- Cuando una estación móvil recorre en una nueva área MSC, el VLR conectado a aquel MSC solicita información sobre la estación móvil al HLR.
- Más tarde, si la estación móvil realiza una llamada, el VLR tendrá la información necesaria para la preparación de llamada sin tener que consultar al HLR a cada momento.

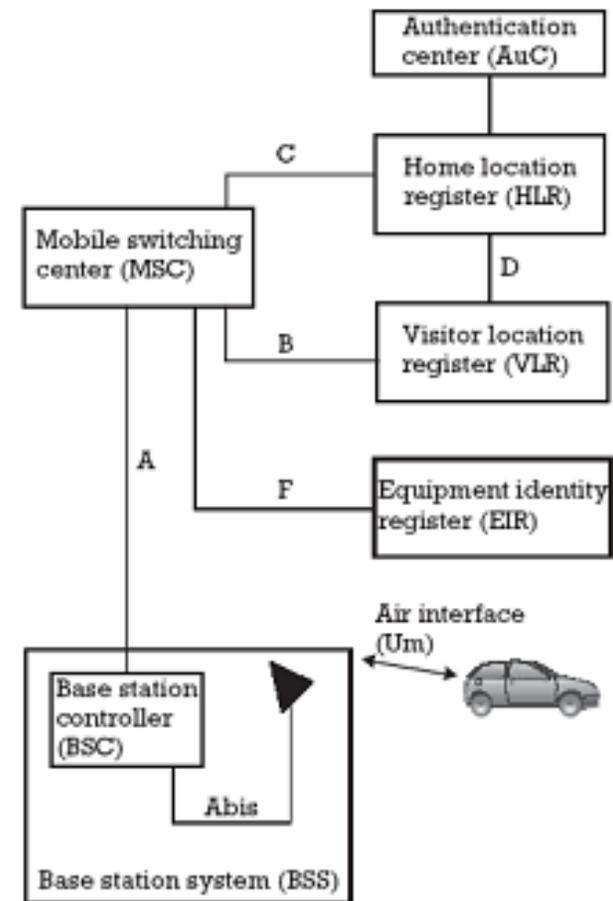


The GSM network architecture. Note that in GSM all of the interfaces are standardized (A, B, C, D, F, Abis, and Um interfaces are shown).

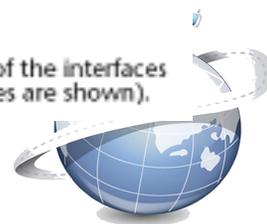


VLR, Visitor Location Register

- La VLR contiene información dinámica de los usuarios que están asociados a la red móvil, incluyendo la ubicación geográfica.
- La VLR está usualmente integrada a la MSC.
- Típicamente, una VLR está asociada con una sola MSC.
- Su interfaz B tiene deficiencias y en la Fase 2 del estándar no se la especifica y existen soluciones propietarias.

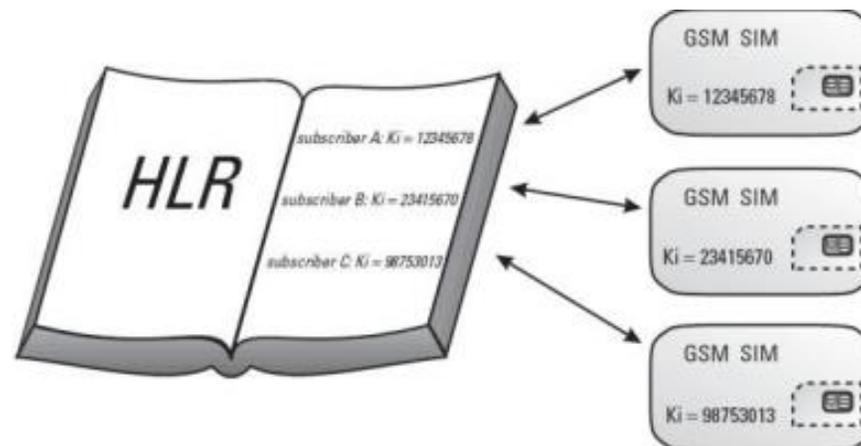


The GSM network architecture. Note that in GSM all of the interfaces are standardized (A, B, C, D, F, Abis, and Um interfaces are shown).



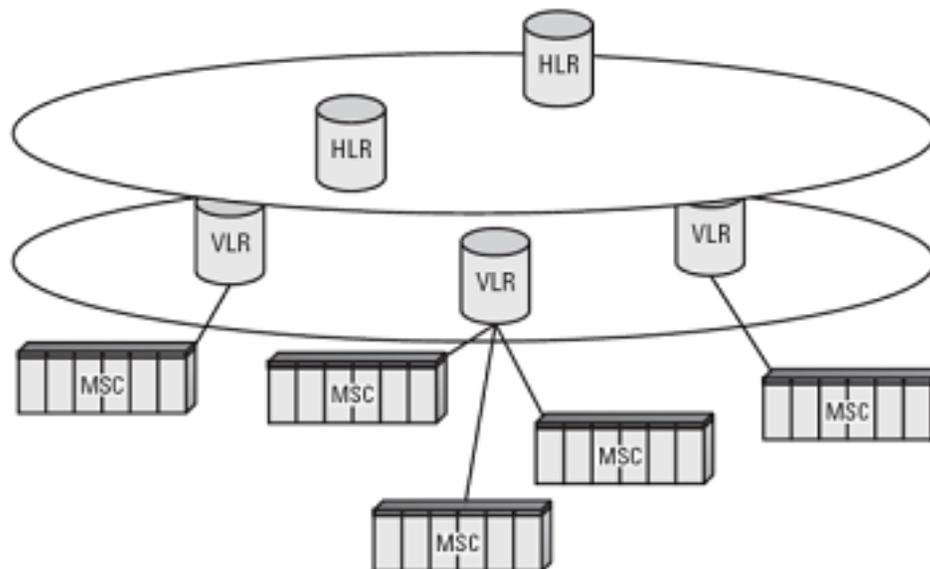
HLR y VLR

- A cada abonado se le asigna a una HLR específica, que actúa como un punto de referencia en donde se almacena la información de ubicación actual del usuario.
- Para reducir la carga del HLR se introdujo el VLR.
 - La VLR maneja muchas de las consultas relacionadas al abonado (como consultas sobre la ubicación).
 - A cada VLR se le asigna un área geográfica limitada mientras que la HLR trata con tareas que son independientes de la ubicación del abonado.



HLR y VLR

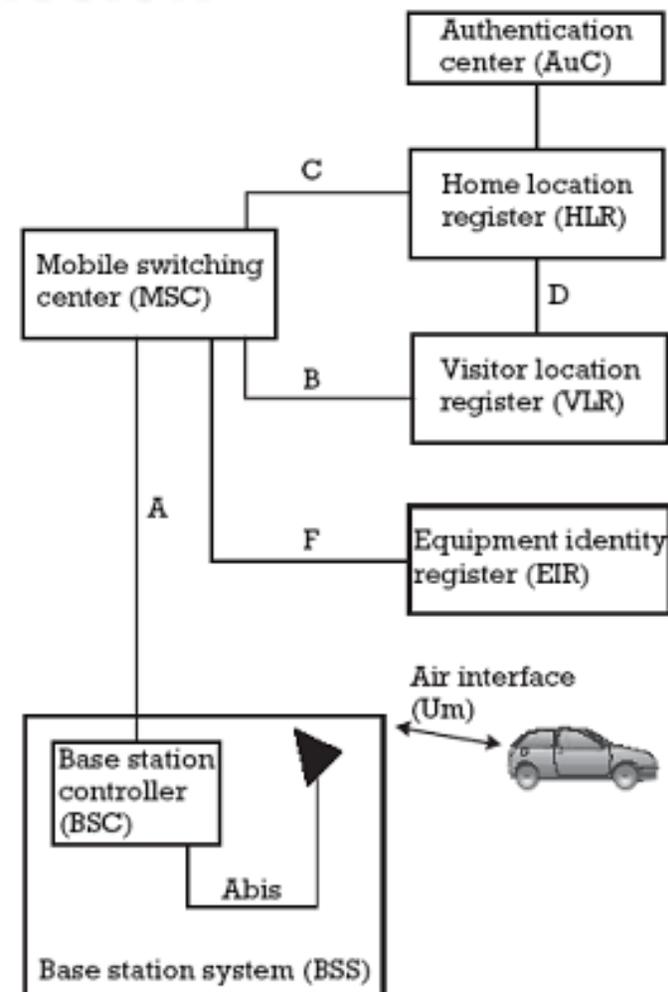
- Considera el EJEMPLO de un abonado en movimiento.
- A medida que el abonado se mueve de un lugar a otro, los datos se pasan del VLR del lugar al cual abandona el usuario (“VLR vieja”) al VLR de la ubicación a la cual entra (“VLR nueva”)
- La VLR vieja entrega los datos a la nueva VLR
- Hay ocasiones en las que la nueva VLR tiene que pedir al HLR del abonado datos adicionales.



Introducción

EIR Equipment Identity Register

- Es una base de datos que almacena el IMEI de todas las estaciones móviles y características del equipo que existe en la estación móvil.
 - International Mobile Equipment Identity
- Se puede averiguar si el móvil es robado o no, muy rápidamente.
- Contiene tres tipos de listas
 - Lista blanca: terminales autorizados para el acceso a la red
 - Lista gris: terminales en observación (fallos, irregularidades)
 - Lista negra: terminales que tienen prohibido el acceso a la red (por ejemplo por haber sido robados)

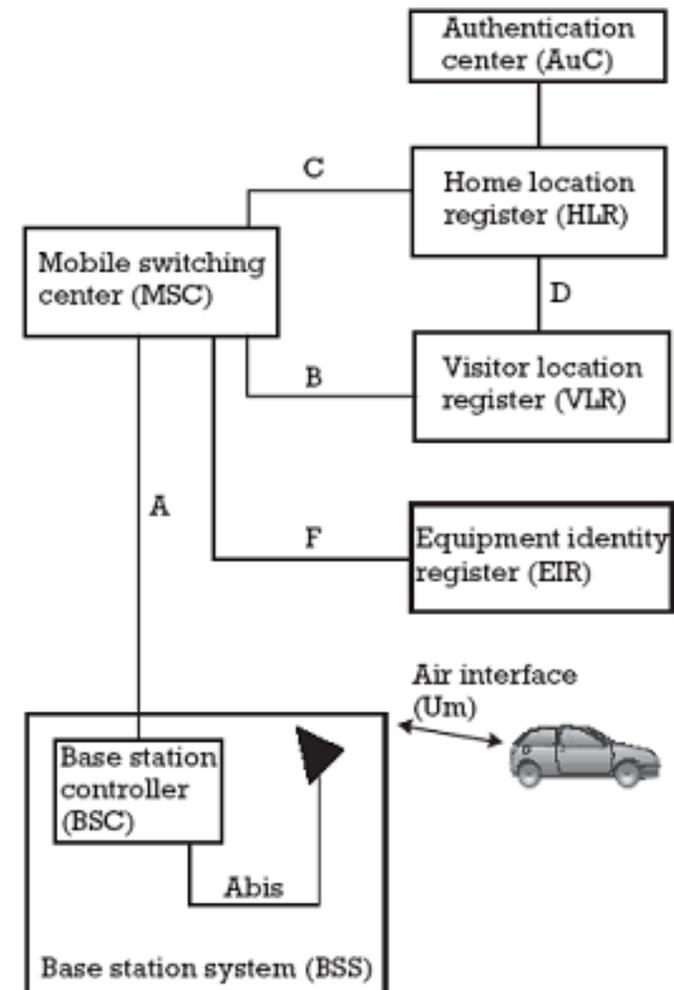


The GSM network architecture. Note that in GSM all of the interfaces are standardized (A, B, C, D, F, Abis, and Um interfaces are shown).

Introducción

AuC Authentication Center

- Proporciona autenticación y cifrado de los parámetros que verifican la identidad del usuario y garantizan la confidencialidad de cada llamada.
- La AUC protege a los operadores de redes de diferentes tipos de fraude en el mundo móvil de hoy.
- Tarjeta SIM (Subscriber Identity Module)
 - Tarjeta usada por los móviles y contiene una llave especial.
 - Una copia de esta llave se almacena en AuC.
- Se implementa como parte integral de la HLR.



The GSM network architecture. Note that in GSM all of the interfaces are standardized (A, B, C, D, F, Abis, and Um interfaces are shown).

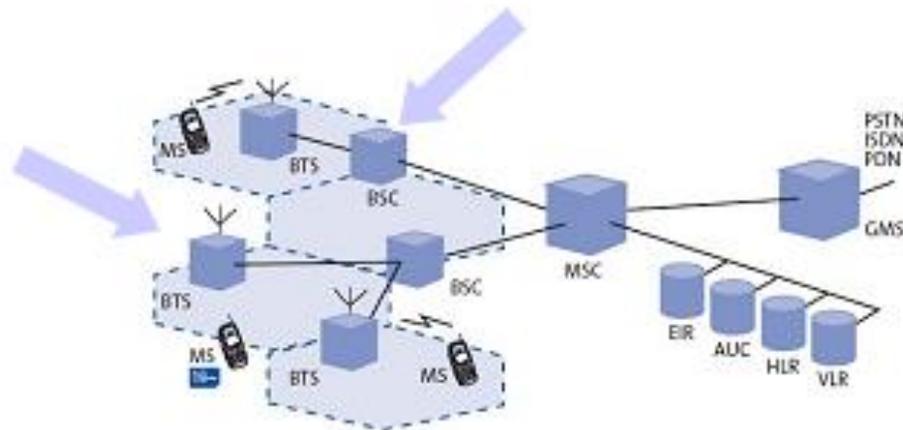
Elementos Adicionales

MXE

Message

Center

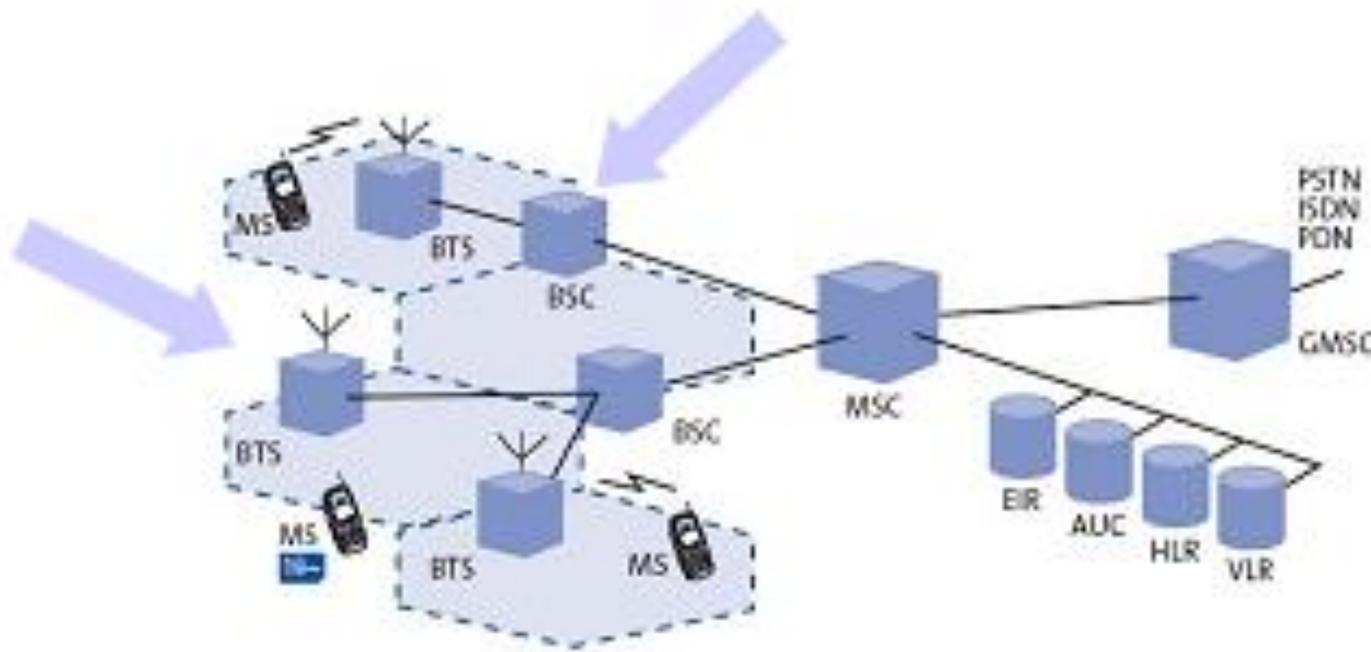
- El MXE es un nodo que proporciona servicios integrados de voz, fax y datos de mensajería.
- En concreto, el MXE maneja el servicio de mensajes cortos, de difusión celular, correo de voz, mail, fax, correo electrónico, y notificaciones.



Elementos Adicionales

MSN, Mobile Service Node

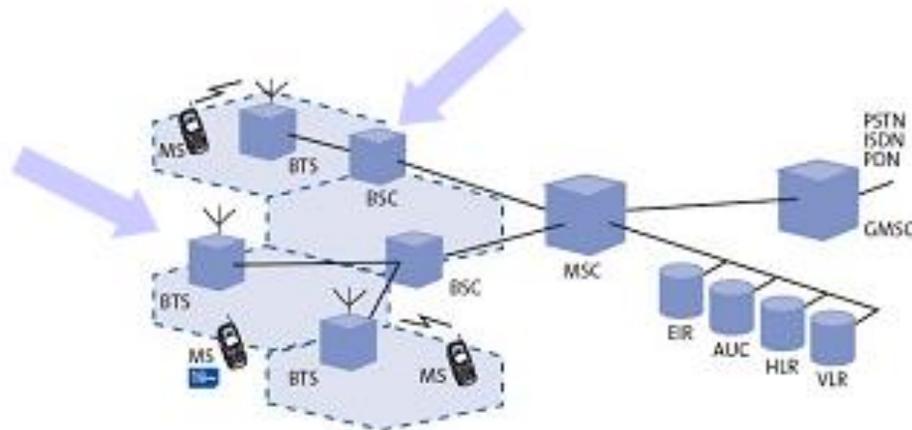
- **Nodo de servicios móviles.**
El MSN es el nodo que se encarga del servicio de red móvil inteligente (IN, Intelligent Network).



Elementos Adicionales

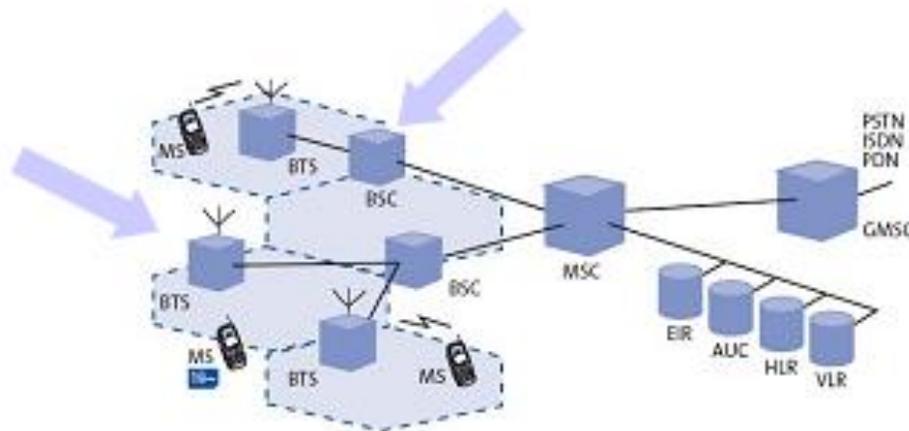
Servicio Gateway del centro de conmutación móvil (GMSC, Gateway Mobile Services Switching Center)

- Un Gateway es un nodo que se utiliza para interconectar ambas redes.
- El Gateway, se aplica frecuentemente en un <SC. El MSC es denominado entonces GMSC



- Unidad de inter-funcionamiento GSM(GIWU, GSM Inter-Working Unit)

- El GIWU consta tanto de hardware y software que proporciona una interfaz para distintas redes de comunicaciones de datos.
- A través de la GIWU, los usuarios puede alternar entre voz y datos durante la misma llamada.
- El equipo de hardware GIWU se encuentra físicamente en el VLR/ MSC.



Generalidades

GMSK (¿Gaussian Minimum Shift Keying.)

- Cambios de fase y envolvente constante.
- En GSM se usan canales de 200 kHz.
- Con bandas de 25MHz se tienen 125 canales (sin asumir bandas de guarda), cada uno compartido usando
- TDMA con 8 ranuras de tiempo, da un total de 1000 canales.
 - Considerando dos bandas de guarda de 100 kHz, se tienen solo 124 canales.

El ritmo de transmisión en GSM es de **270.833 kbps**.

- Por usuario es $270.833/8=33.854$ kbps.
- Considerando el overhead, los datos del usuario se transmiten a 22.8 kbps. especifica que la estación base puede desconectar el transmisor si las ranuras no se necesitan.



Generalidades

GMSK

Radio de la celda

- Entre 100 m y 35 km dependiendo de la situación.

Detalle sobre TDMA

- En NA-TDMA, en la dirección downlink, la estación base transmitía de forma continua todas las ranuras, sin importar si las ranuras fueron asignadas o no.
- En GSM se especifica que la estación base puede desconectar el transmisor si las ranuras no se necesitan.



Identificadores

Identificadores pueden estar asociados a:

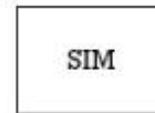
- La tarjeta SIM
- La red (BTS)
- Estación móvil



Base station
identity (BSIC)
Training sequence
Location area
identity (LAI)



Mobile station classmark
International mobile
equipment identifier (IMEI)
Temporary mobile
subscriber identity (TMSI)



International mobile
subscriber identity (IMSI)
Authentication key (Ki)
Service plan
Quick-dial directory



Identificadores

IMEI (International Mobile Equipment Identifier)

- Número de serie de 15 dígitos que se asigna a la estación móvil al momento de fabricación.

IMSI (International Mobile Subscriber Identity)

- Es el número de teléfono asignado por el carrier al usuario.
- 15 dígitos consideran el código de país para ofrecer servicio internacional.
- Se almacena en el SIM.



Identificadores

TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity)

- Es asignado por el VLR luego de que un móvil se establece en la red.
- La red lo utiliza en lugar del IMSI para realizar algunas tareas de administración de la llamada.
- Es mas pequeño que el IMSI
 - Es mas eficiente transmitir el TMSI (es mas corto).
 - Mejora en algo la seguridad porque el IMSI ya no debe ser transmitido frecuentemente.



Identificadores

Ki (Authentication Key)

- Ki es asignada al usuario y reside en el SIM.
- No se transmite y se usa para el cálculo de Kc.

Kc (Cipher Key)

- Se usa para proteger la información transmitida y previene interceptación no autorizada.



Identificadores

Mobile Station Classmark

- Informa a la red de las capacidades de la estación móvil.
- Versión del protocolo soportado
- Niveles de potencia soportados
- Capacidades de encriptación
- Las frecuencias que soporta
- Habilidades de la estación móvil para soportar servicios especiales

LAI (Location Area Identity)

- Identifica el país y sistema de la estación base.
- Similar al SID usado en sistemas norteamericanos



Niveles de Potencia

DTX (Discontinuous Transmission)

Detecta si hay actividad de voz, si no hay el transmisor no transmite.

- Durante una conversación telefónica típica, una persona habla generalmente alrededor del 40% del tiempo y permanece en silencio el otro 60%.
- Se debe detectar exactamente los periodos de silencio en la voz del usuario.
 - Voice Activity Detection (VAD): la energía en la señal de voz se calcula para cada bloque de voz y se realiza una decisión utilizando un umbral adaptivo.
 - Es voz o ruido?

Comfort noise

- Si el transmisor se apaga, el otro lado de la llamada “escucharía un silencio total”, que suele ser una sensación molesta.
- Para solucionar esto se usa este “comfort noise”, para asegurar al otro lado que la llamada está todavía en marcha.

Ayuda con la interferencia y con el tiempo de duración de la batería.

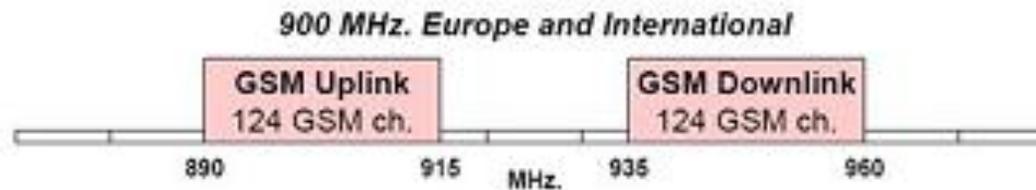


Distribución frecuencias asignadas

- El ancho de banda total en GSM es:

De 890 a 915 MHz (25MHz) para el ascendente

De 935 a 960 MHz (25MHz) para el descendente



- La canalización viene dada por:

- GSM 900 (124 radiocanales, $1 < n < 124$)

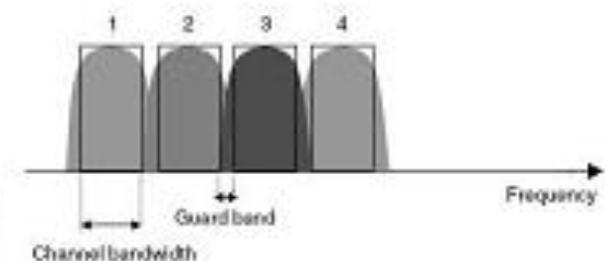
- inferior 890-915 MHz $\rightarrow F_{\text{uplink}}(n) = 890 + 0,2n$

- superior 935-960 MHz $\rightarrow F_{\text{downlink}}(n) = F_{\text{uplink}}(n) + 45$

- GSM 1800 o DCS (374 radiocanales, siendo $512 < n < 885$)

- inferior 1710-1785 MHz $\rightarrow F_{\text{uplink}}(n) = 1710,2 + 0,2(n-512)$

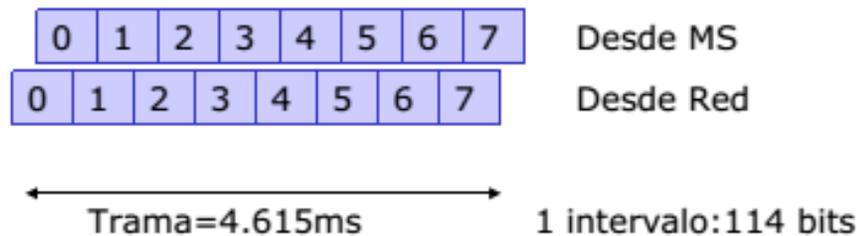
- superior 1805-1880 MHz $\rightarrow F_{\text{downlink}}(n) = F_{\text{uplink}}(n) + 95$



Distribución frecuencias asignadas

FDMA y TDMA

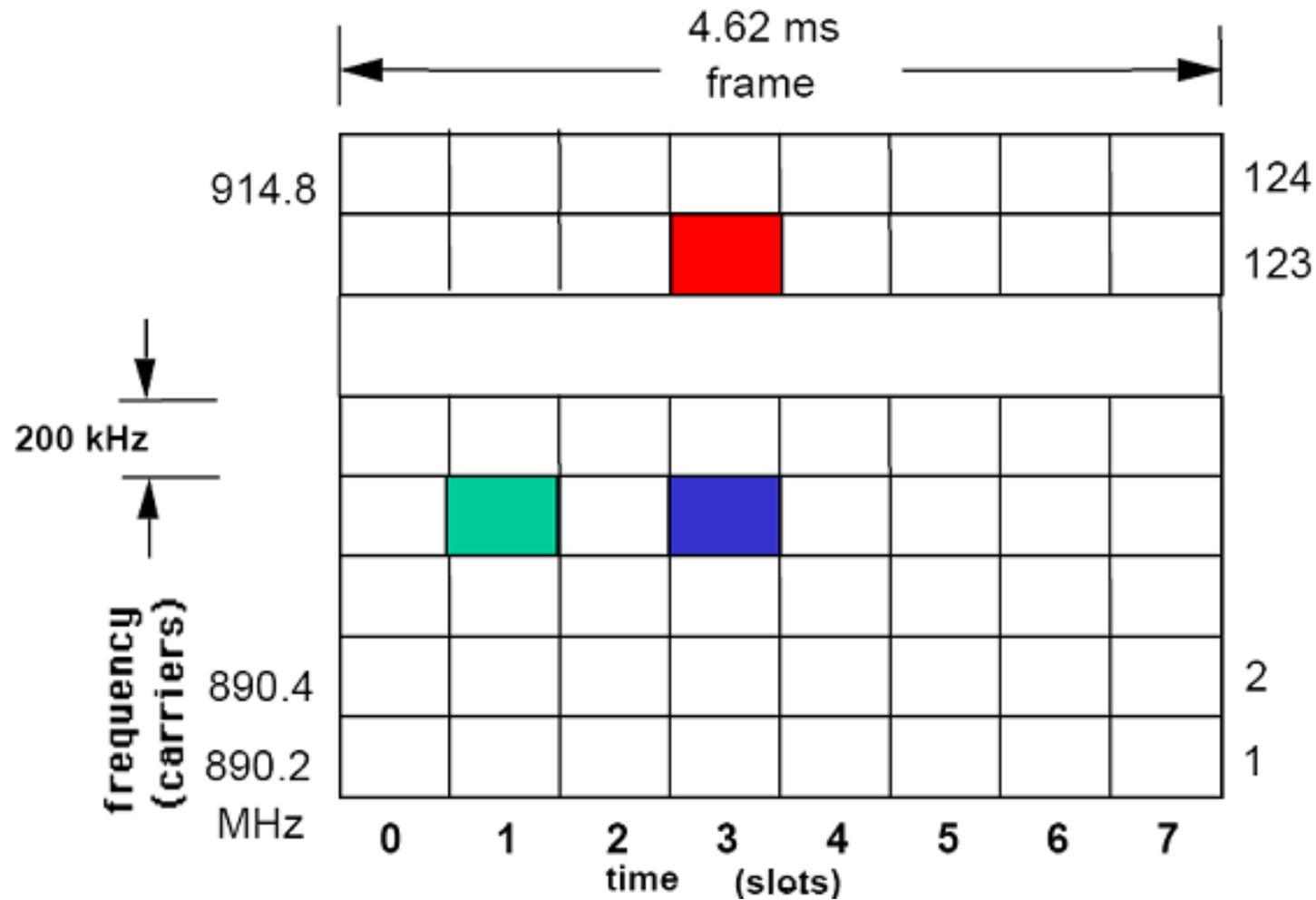
- Cada portadora de RF sustenta una trama temporal (TDMA) constituida por ocho intervalos de tiempo (timeslots) numerados del 0 al 7 que se utilizan para llevar información de usuarios y señalización móvil-red.
 - Un canal físico está formado por el intervalo de tiempo "i" en cada una de las tramas.
 - Este canal físico se puede usar o bien para señalización o para datos.
- Sobre una portadora se transmiten 26 tramas cada 120ms.
- A cada estación se le puede añadir más de una portadora.
- La señal digital denominada ráfaga



intervalo se
3K



Distribución frecuencias asignadas



Multitrama de tráfico

Canales full rate

- Speech Channel (Full Rate Speech, FS)
 - Llevan voz digitalizada a una tasa (raw) de alrededor de 13 kbps.
 - Con codificación de canal añadida se transporta por el canal a 22.8 kbps.
- Data Channel for 9600 bps (F9.6)
 - Lleva datos de usuario a una tasa (raw) 9600 bps.
 - Con FEC añadida, los 9600 bps se transportan a 22.8 kbps.



Multitrama de tráfico

Canales full rate

- Data Channel for 4800 bps (F4.8)
 - Lleva datos de usuario a una tasa (raw) 4800 bps.
 - Con FEC añadida, los 4800 bps se transportan a 22.8 kbps.
- Data Channel for 2400 bps (F2.4)
 - Lleva datos de usuario a una tasa (raw) 2400 bps.
 - Con FEC añadida, los 2400 bps se transportan a 22.8 kbps.



Multitrama de tráfico

Canales half rate

- Speech Channel (Half Rate Speech, HS)
 - Llevan voz digitalizada que es muestreada a una tasa que es la mitad de lo que se usa en el caso full rate.
 - GSM anticipaba el desarrollo de codificadores que manejen una tasa (raw) de alrededor de 6.5 kbps.
 - Con codificación de canal añadida se transporta a 11.4 kbps.
- Data Channel for 4800 bps (H4.8)
 - Lleva datos de usuario a una tasa (raw) 4800 bps.
 - Con FEC añadida, los 4800 bps se transportan a 11.4 kbps.
- Data Channel for 2400 bps (H2.4)
 - Lleva datos de usuario a una tasa (raw) 2400 bps.
 - Con FEC añadida, los 2400 bps se transportan a 11.4 kbps.



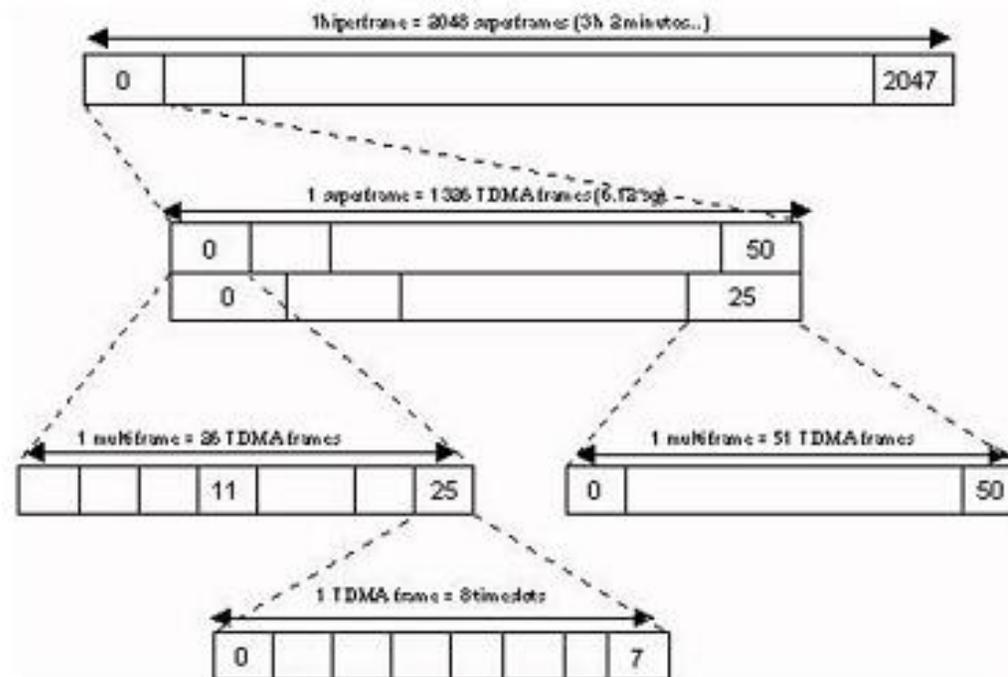
Canal físico vs. Canal lógico

- Se denomina canal físico a cada uno de los ocho intervalos temporales en que se divide un radiocanal de 200 KHz. Si una estación base tiene N radiocanales (N frecuencias portadoras), puede ofrecer $8 \times N$ canales físicos.
- Un canal físico puede soportar varios canales lógicos que se repartirán los intervalos de tiempo del canal físico:
 - De tráfico: Transportan datos de usuario.
 - De control: Señalización
 - De difusión (info de BTS a todas las celdas)
 - Canales de control comunes (señalización bidireccional no exclusiva).
 - Canales de control dedicados (señalización bidireccional exclusiva para un móvil)



Canales físicos

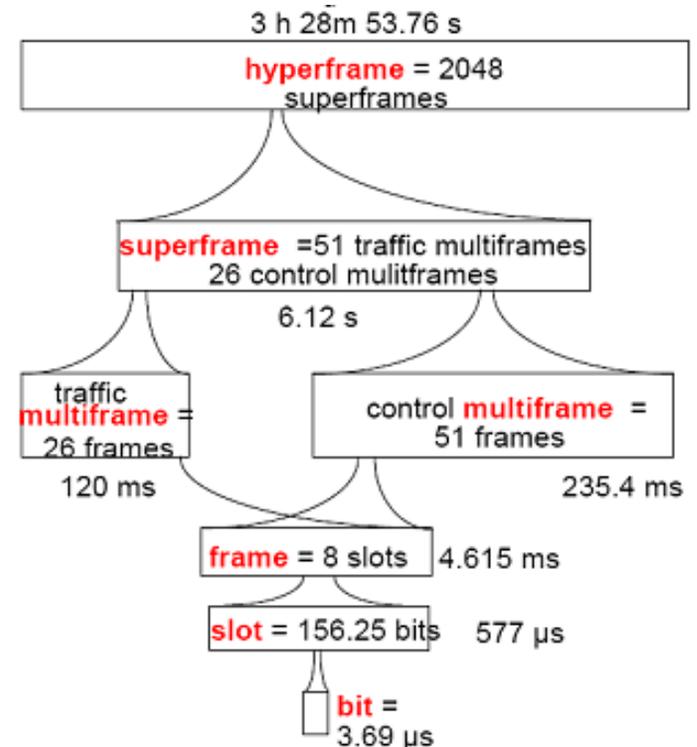
- Un canal físico (voz o datos) => Agrupaciones de 26 tramas (multitramas, 120 ms).
- Si el canal físico se emplea para señalización, las multitramas son de 51 tramas.
- Sobre el mismo canal físico se pueden multiplexar varios canales de señalización.

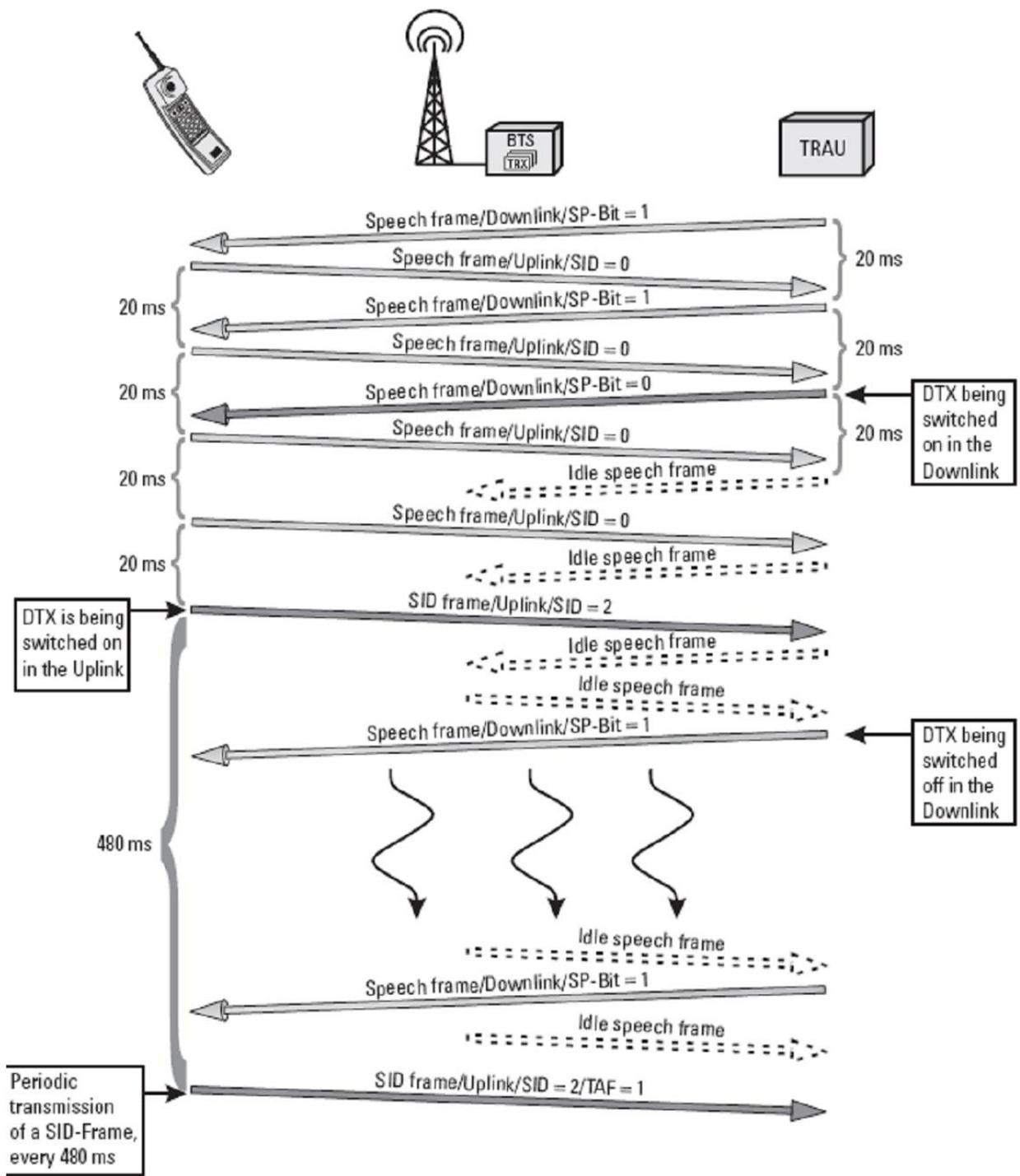


Canales

La estación base transmite canales de tráfico y control.

- Supertrama tiene 51 multitramas de tráfico y 1326 tramas en total (51*26 tramas/multitrama de tráfico)
- Supertrama tiene 26 multitramas de control y 1326 tramas (26*51 tramas/multitrama de control) en total





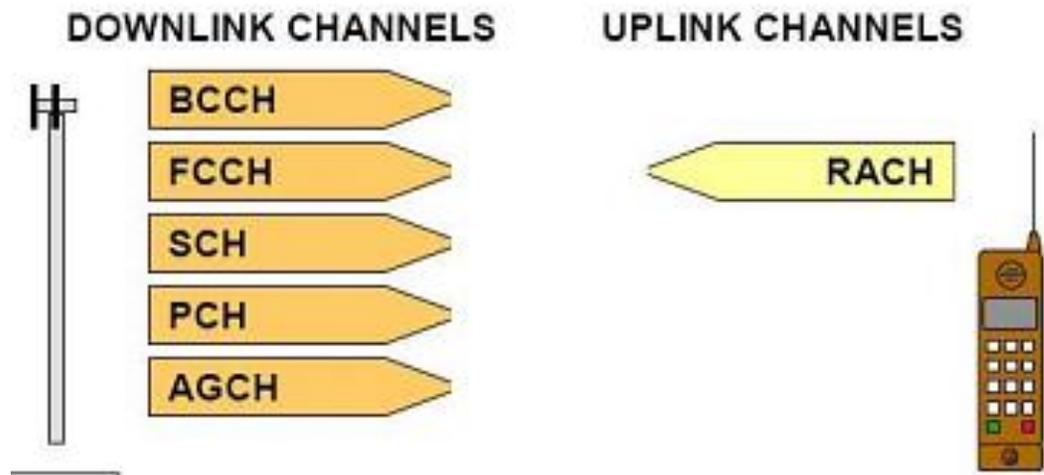
Canales lógicos: Difusión y Comunes

DIFUSIÓN:

- BCCH (Broadcast Common Control Channel), FCCH (Frequency Correction Channel) y SCH (Synchronization Channel) => identificación de celdas y acceso a la red.

COMUNES:

- PCH(Paging): Difusión de avisos de llamadas dirigidas a móviles.
- RACH(Random Access): Pedir un canal de señalización dedicado(SDCCH).
- AGCH(Access Grant): Difusión de asignaciones de canales SDCCH



Canales lógicos: Dedicados al MS

SDCCH (Stand-alone Dedicated ControlChannel)

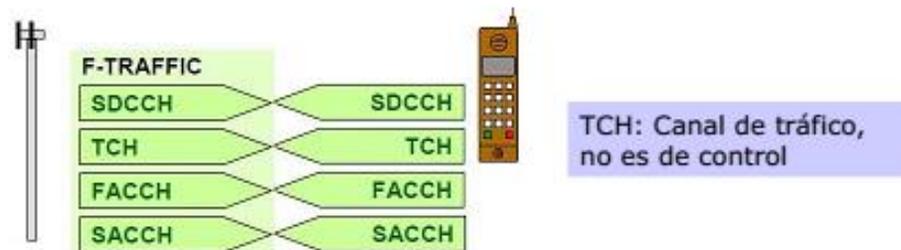
- Señalización durante la fase inicial del establecimiento de llamada y para mensajes cortos.

FACCH(Fast AssociatedControl)

- El canal de conversación para completar establecimiento y trasposos.
- Roba tramas delos canales de voz.

SACCH(SlowAssociatedControl)

- Asociado a cada TCH y a cada SDCCH
- Señalización durante la llamada (medidas de calidad



Canales de tráfico

- SACCH Slow Associated Control Channel

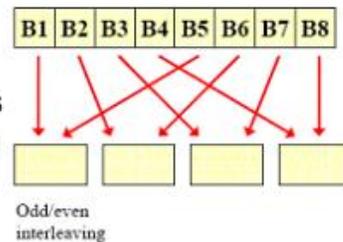
SACCH block

→ 184 signalling bits

- Block coding adds 40 bits (=224)
- 4 tail (zero) bits (=228)
- 1/2 Convolutional encoding (=456 bits)

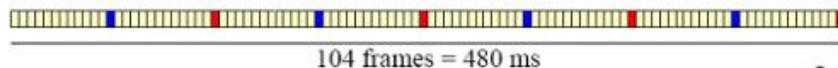
→ Interleaving:

- ⇒ 8 blocks of 57 bits;
- ⇒ spreaded into four consecutive bursts
- ⇒ 4 bursts = 1 and only 1 SACCH block!



→ SACCH rate:

- ⇒ 184 bits/480 ms = 383.3 bit/s



104 frames = 480 ms

→ 184 bits = 23 bytes

- Power level
- Timing advance
- Measurement reports for link quality
- Measurement reports for handover management

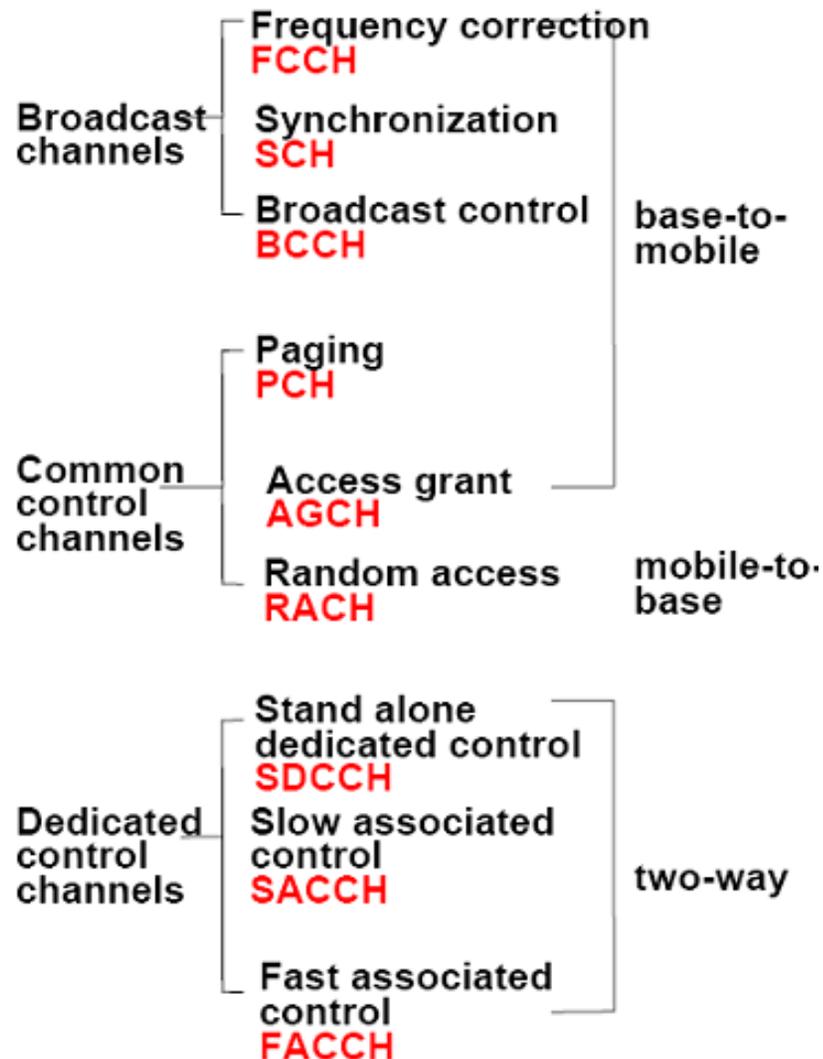
→ When available space: SMS

- ⇒ When call in progress!

0	1	2	3	4	5	6	7
free			Power level				
free	Timing advance						
(21 bytes – datalink layer) Includes measurement reports							



Canales de Control



- Los canales de control que se mencionan son aquellos que una estación móvil usa cuando no está participando en una llamada (no asociados a un canal de tráfico).
 - Excepto el FACCH y SACCH.
- Tres conjuntos de canales de control
- BCHs (Broadcast Channels)
 - FCCH, SCH, BCCH
- Canales de Control Comunes
 - Common Control Channels
 - PCH, AGCH, RACH
- Canales de Control Dedicados (DCCH)
 - Dedicated Control Channels
 - SDCCH, SACCH, FACCH



Canales de control

Opciones de estructura de lo transmitido en cada ranura.

- A cada extremo se provee tiempo para el “ramp up” y “ramp down” sus niveles de potencia para evitar un cambio abrupto en la potencia transmitida que generaría interferencia en un amplio rango de frecuencias

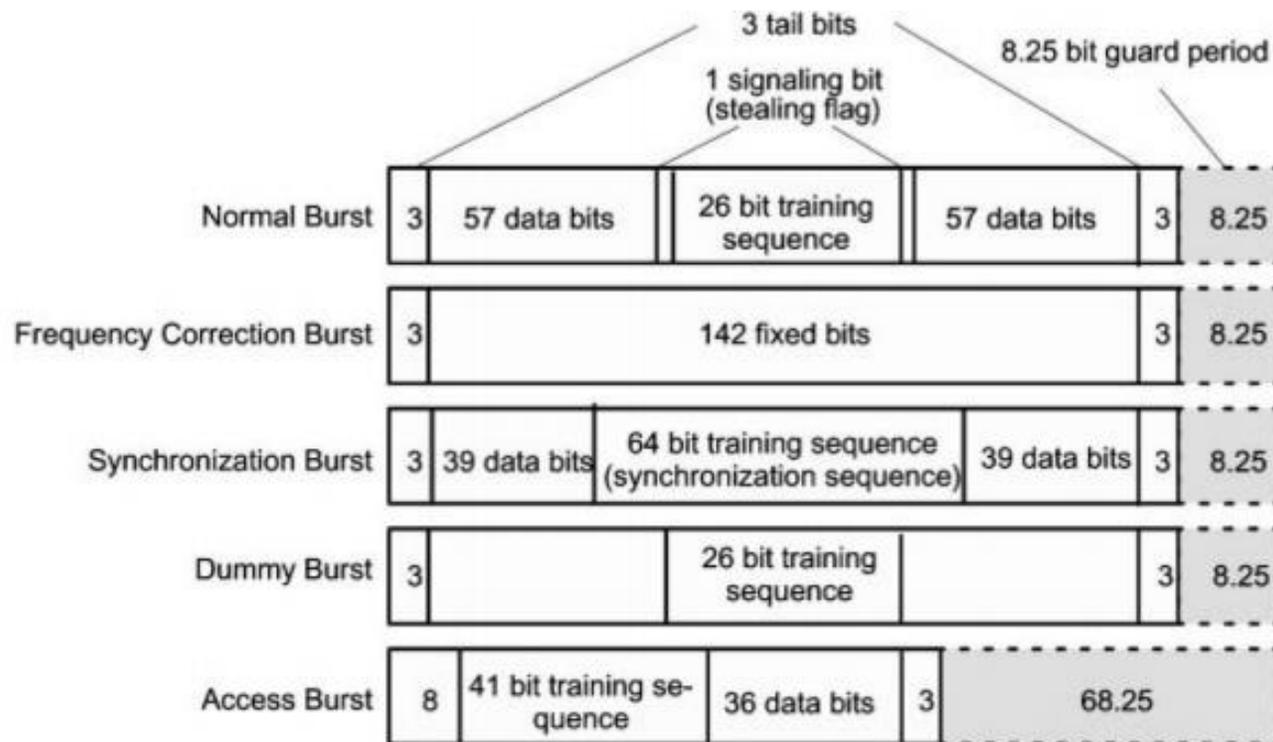
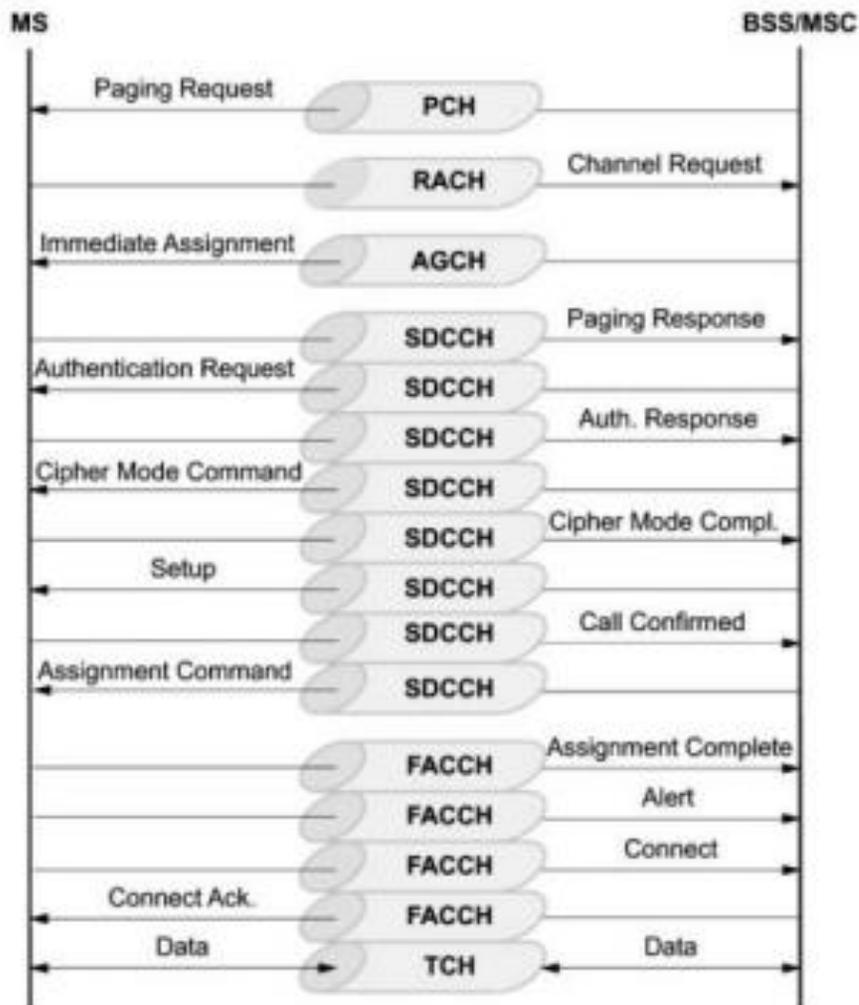


Figure 5.6: Bursts of the GSM TDMA procedure



Canales de control



- Multitrama de control:
 - Canales de Control
 - Dedicados

Figure 5.1: Logical channels and signaling (connection setup for an incoming call)



Estructura de una ranura normal

Used to carry information on traffic and control channels, except for RACH.

Trail bits (2x3 bits)

- Permiten la sincronización de las transmisiones de estaciones móviles ubicadas a diferentes distancias de la BTS.

Bits encriptados (2x57 bits)

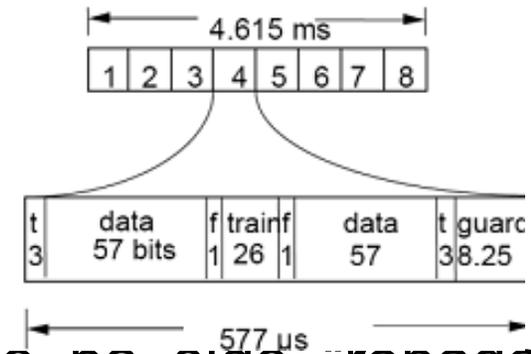
- Dos bloques de 57 bits cada uno.
- 114 bits planos encriptados en 114 bits.

Stealing bit (2x1bit)

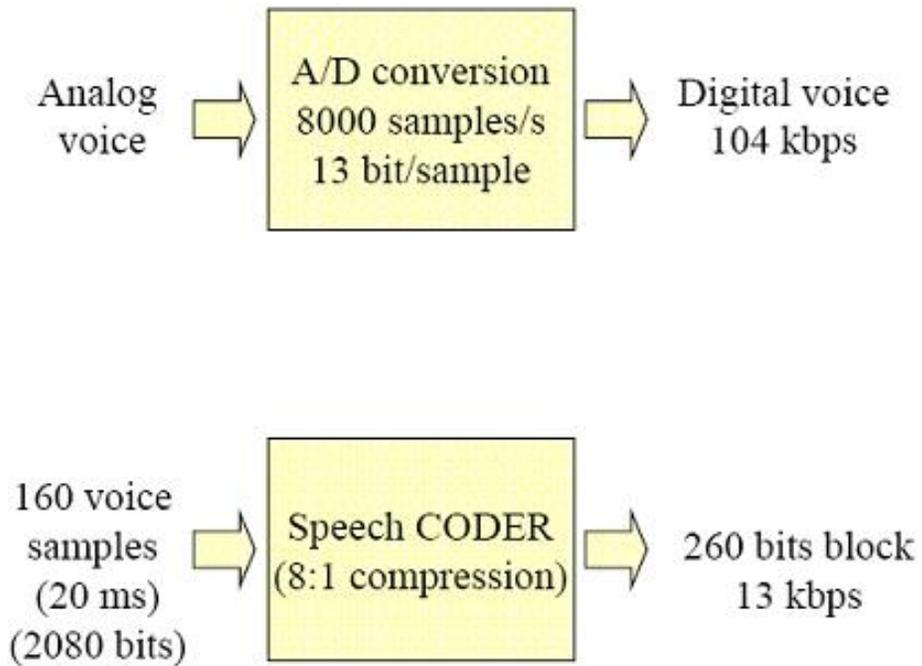
- Indican si este bloque contiene datos o no para señalización de control urgente.

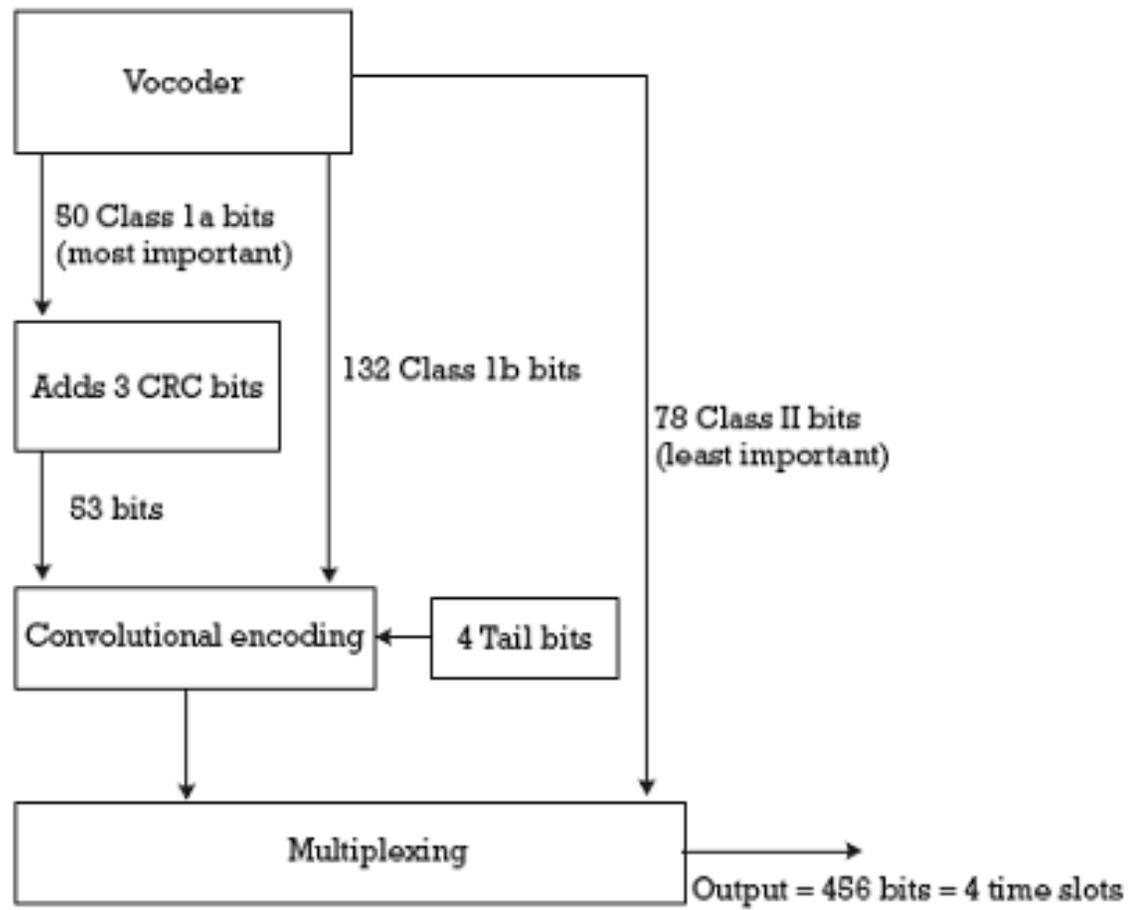
Bits de guarda (8.25 bits)

- Para evitar sobrelapamientos con otras transmisiones debidos a diferentes retardos



Vocoders





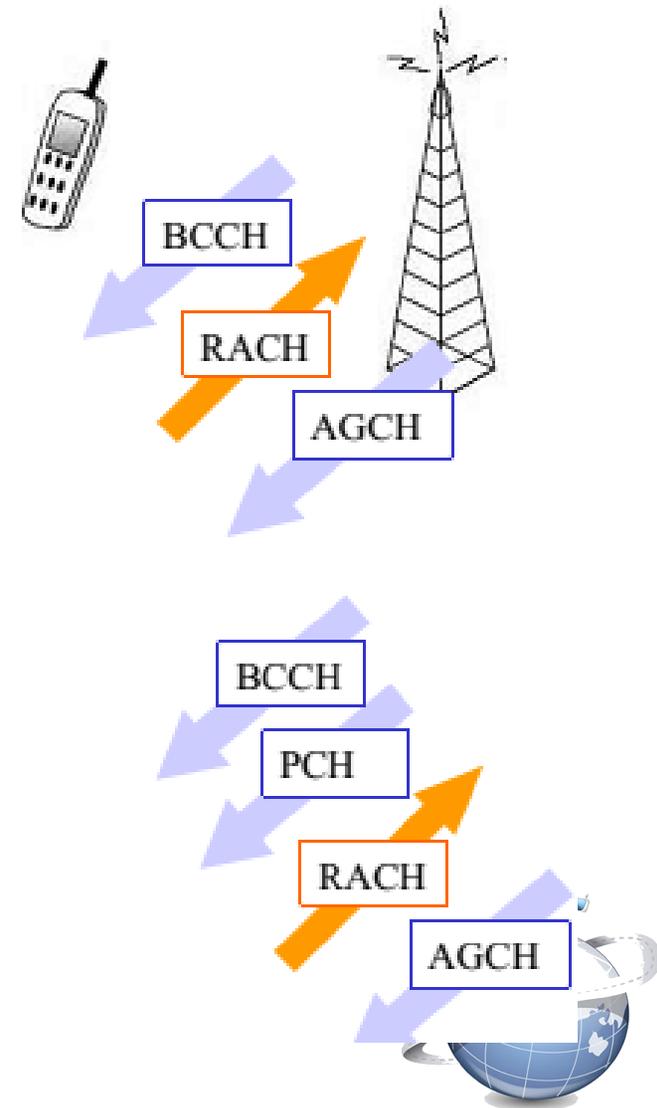
Canales lógicos: Establecimiento de llamada

Los canales de control comunes se usan para la toma de contacto inicial MS - BTS (sesión radio):

- El usuario quiere comunicarse con la red (llamada saliente, mensaje corto)
 - La MS envía a la BTS petición sobre RACH y solicita la asignación de un canal dedicado SDCCH.
- La BTS responde a la MS a través del canal AGCH, indicándole qué canal SDCCH le ha sido asignado.

Si es la red se quiere comunicar con el usuario

- El procedimiento anterior va precedido del envío de un mensaje de búsqueda hacia la MS (paging) a través del canal PCH.
- La MS contesta solicitando SDCCH a través del RACH. La BTS responderá con el AGCH.



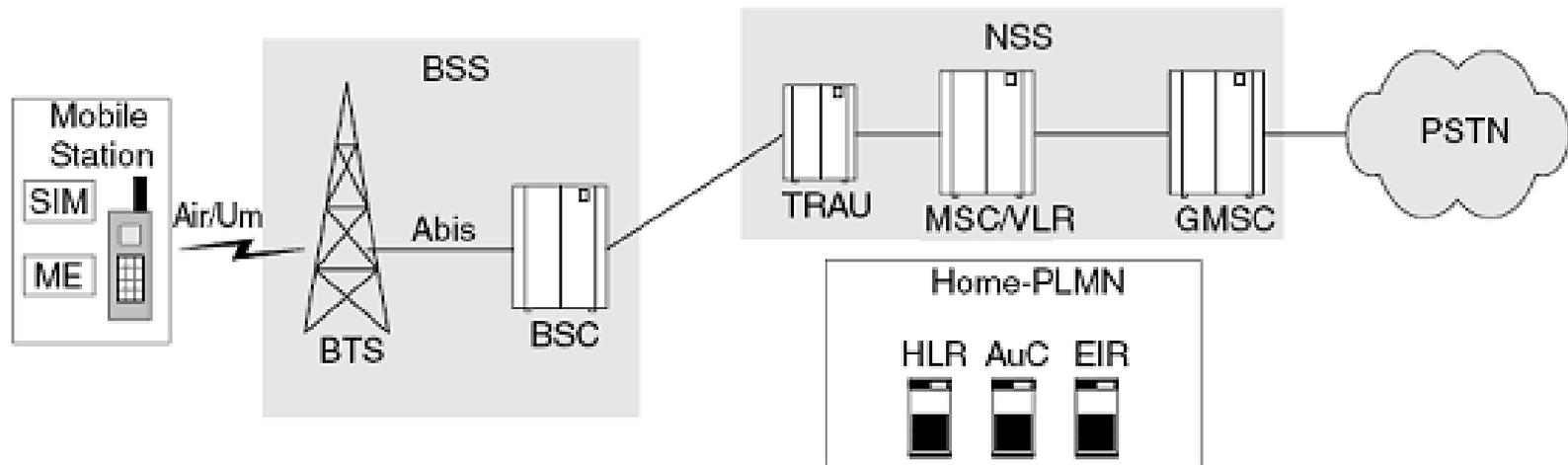
Canales lógicos: Establecimiento de llamada

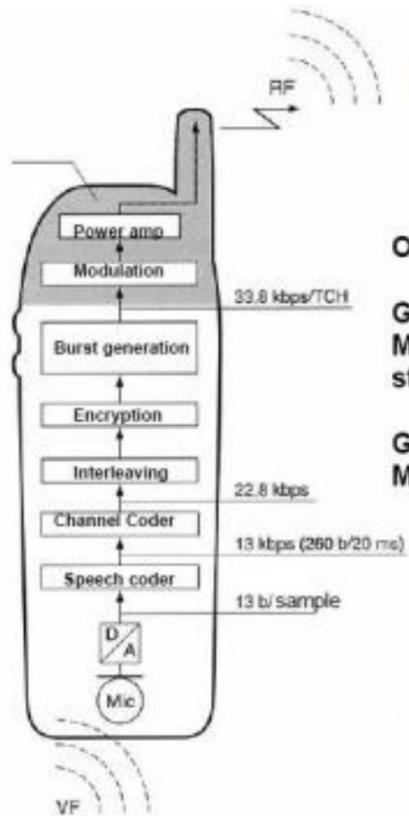
- Tras la petición sobre RACH/AGCH, se le asigna al MS un canal SDCCH que se usa para intercambiar señalización:
 - Actualización posición MS-> BTS, en el IMSI attach o al cambiar el área de localización.
 - Notificación de apagado (IMSI detach), para evitar los paging de la red.
 - Notificar deseo de llamar o aceptar llamada entrante.
- El diálogo acaba cuando la red asigna un TCH (Traffic Channel).
- El resto de la señalización necesaria para acabar de establecer la llamada se envía sobre el propio canal de conversación usado como FACCH (mismas tramas físicas).
- Durante la conversación se envía señalización por el SACCH, asociado a SDCCH o TCH (medidas)



TRX

- Una BTS contiene los TRXs (radio transceivers).
- Cada TRX puede manejar hasta 8 usuarios full rate.
- Incrementar el número de TRXs permite incrementar el número de usuarios que se manejan en una ceda, lo que implica incrementar el número de frecuencias.





Functions of the GSM phone

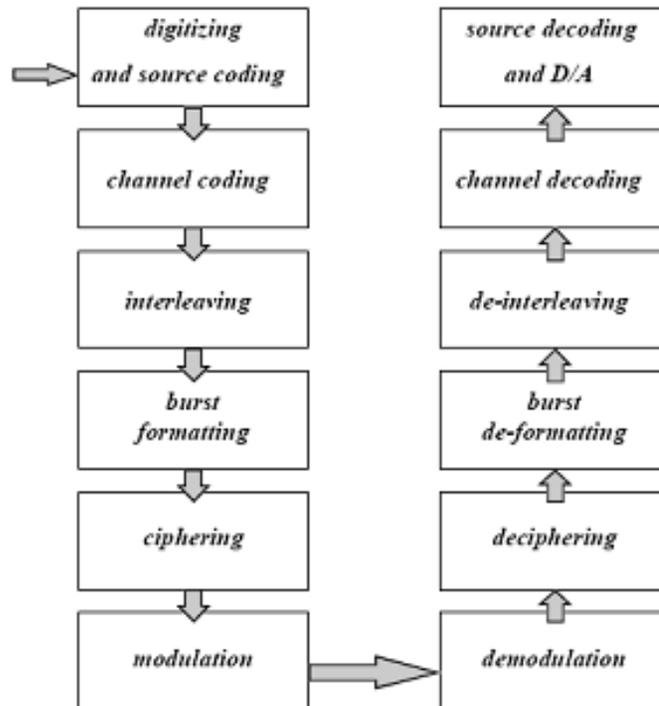
Output Power:

GSM900
Max. 2W in 10 steps

GSM1800
Max 1 W in 8 steps

sp

speech



speech



Abis

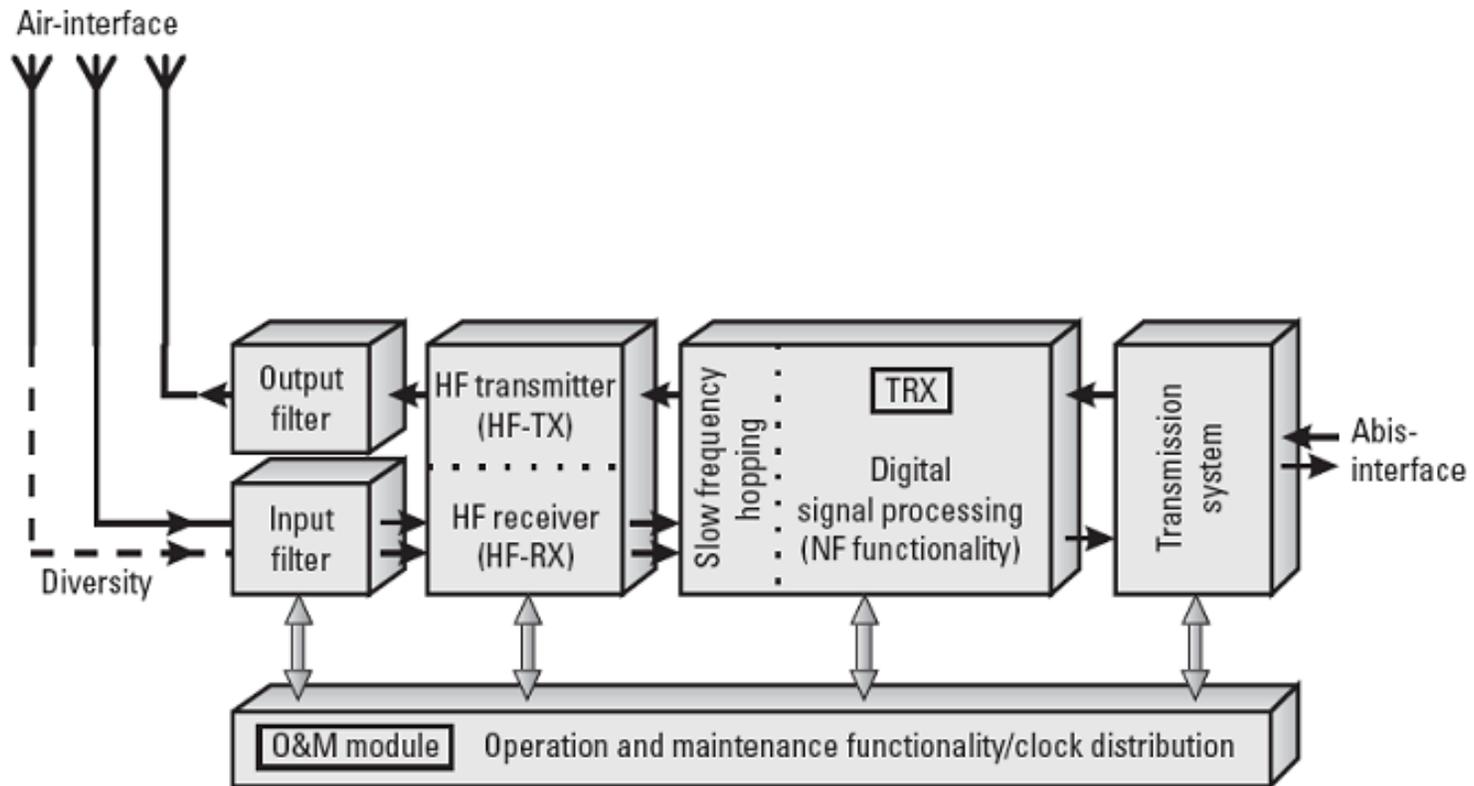
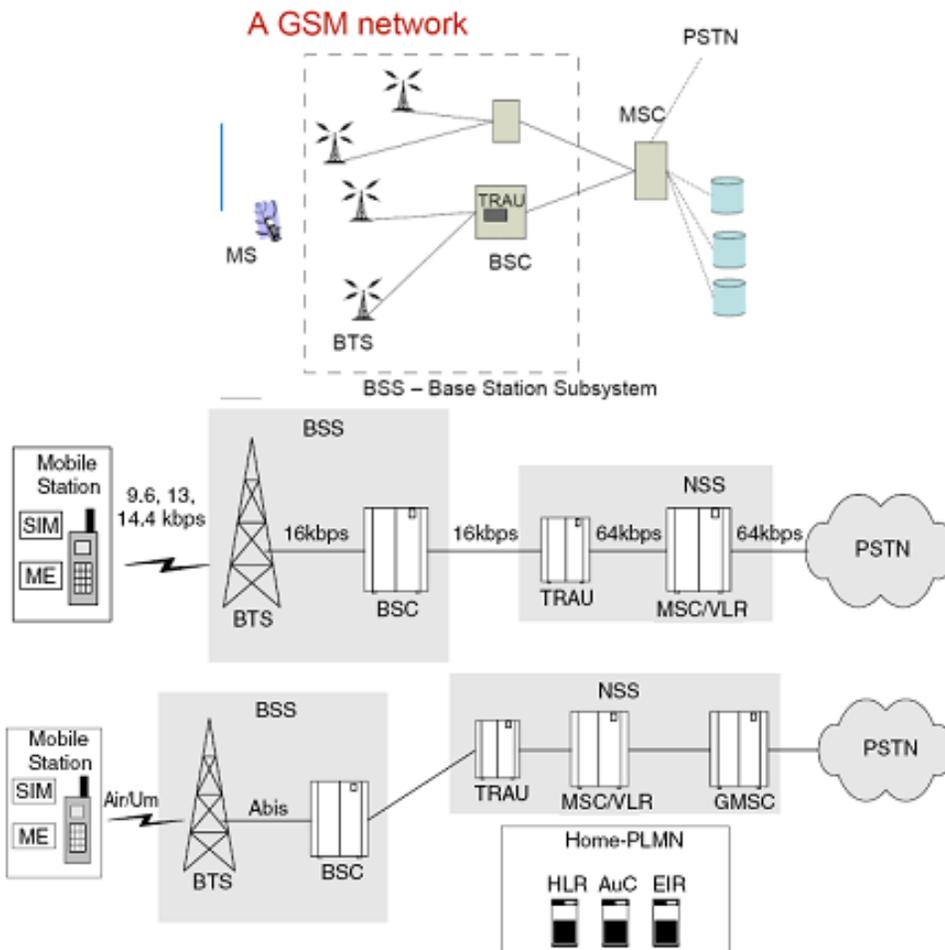


Figure 3.1 Block diagram of a BTS with one TRX.



TRAU



Transcoding and Rate Adaption Unit

- Puede considerarse que lógicamente pertenece al BSS, pero usualmente reside cerca del MSC ya que permite reducir significativamente los costos de transmisión.
- La voz se envía en un canal de 16 kbps hacia el TRAU.
 - Sobre la interfaz de aire se usa 13 kbps para voz (full rate) y 9.6 o 14.4 kbps para datos.
- El TRAU convierte los 16 kbps a los 64 kbps, multiplexando varios canales en un solo canal de 64 kbps.



Abis

- Similar a un PCM de 30
- Con las técnicas de compresión que usa GSM, se puede tener hasta 8 canales de tráfico de GSM en un solo canal de 64 kbps, por ejemplo.
- GSM nunca especificó todo detalle de la interface Abis (igual ocurrió con la interfaz B [MSC-VLR]).
- Se considera a Abis propietaria, lo que provoca variaciones en los protocolos de Capa 2, y diferentes configuraciones de canales.
- Por lo que una BTS de un fabricante no puede usarse con el BSC de otro.

TS	bit							
	7	6	5	4	3	2	1	
0	FAS / NFAS							
1	Air 0	Air 1	Air 2	Air 3				TRX 1
2	Air 4	Air 5	Air 6	Air 7				
3	Air 0	Air 1	Air 2	Air 3				TRX 5
4	Air 4	Air 5	Air 6	Air 7				
5	Air 0	Air 1	Air 2	Air 3				TRX 2
6	Air 4	Air 5	Air 6	Air 7				
7	Air 0	Air 1	Air 2	Air 3				TRX 6
8	Air 4	Air 5	Air 6	Air 7				
9	Air 0	Air 1	Air 2	Air 3				TRX 3
10	Air 4	Air 5	Air 6	Air 7				
11	Air 0	Air 1	Air 2	Air 3				TRX 7
12	Air 4	Air 5	Air 6	Air 7				
13	Air 0	Air 1	Air 2	Air 3				TRX 4
14	Air 4	Air 5	Air 6	Air 7				
15	Air 0	Air 1	Air 2	Air 3				TRX 8
16	Air 4	Air 5	Air 6	Air 7				
17	not used							
18	not used							
19	partial O&M data							
20	not used							
21	O&M signaling							
22	TRX 8 signaling							
23	TRX 7 signaling							
24	TRX 6 signaling							
25	TRX 5 signaling							
26	not used							
27	TRX 4 signaling							
28	TRX 3 signaling							
29	TRX 2 signaling							
30	TRX 1 signaling							
31	not used							

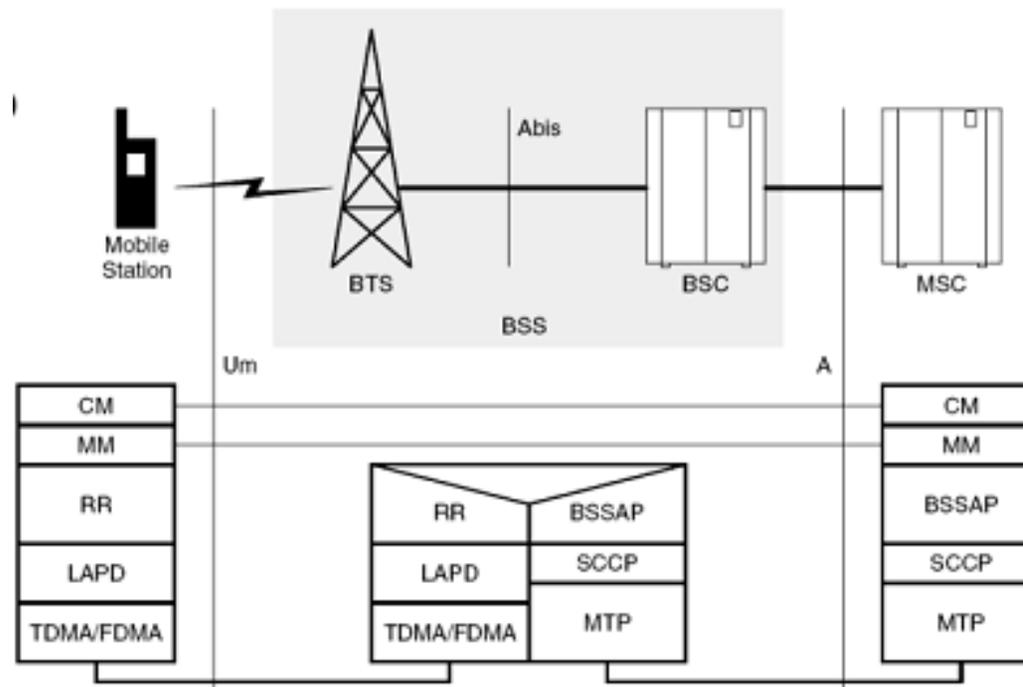


Protocolos y señalización

La interfaz de aire consiste de las ranuras GSM, en las bandas de frecuencia TDMA/FDMA.

Sobre lo anterior está el protocolo punto-punto LAPD (Link Access Protocol D channel).

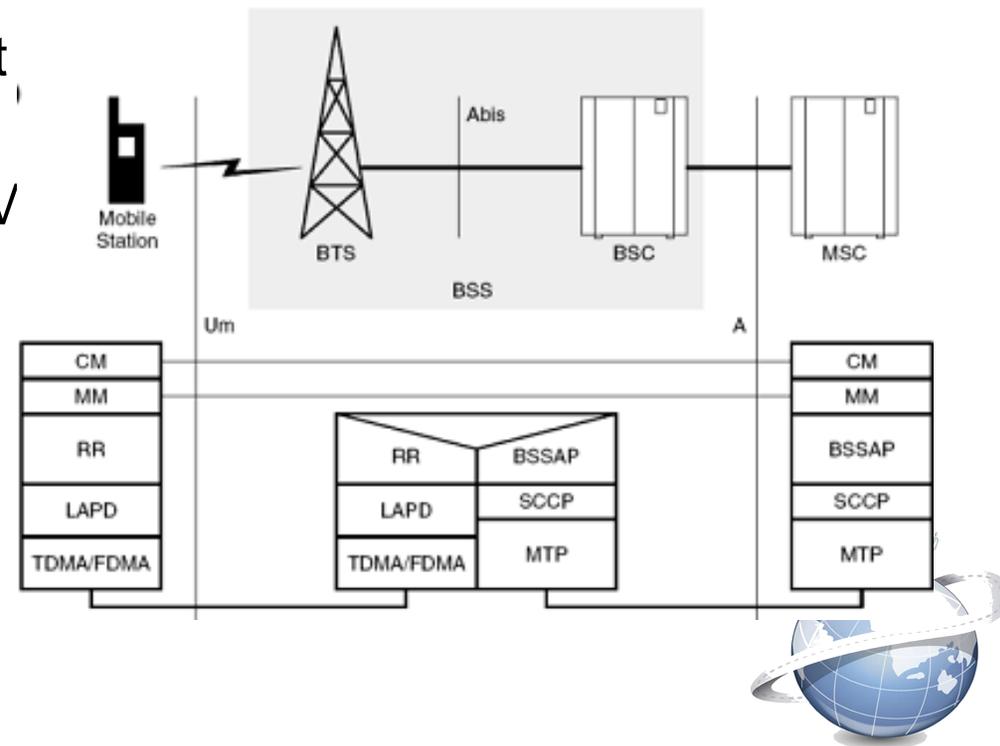
- Usado en señalización de ISDN.



Protocolos y señalización

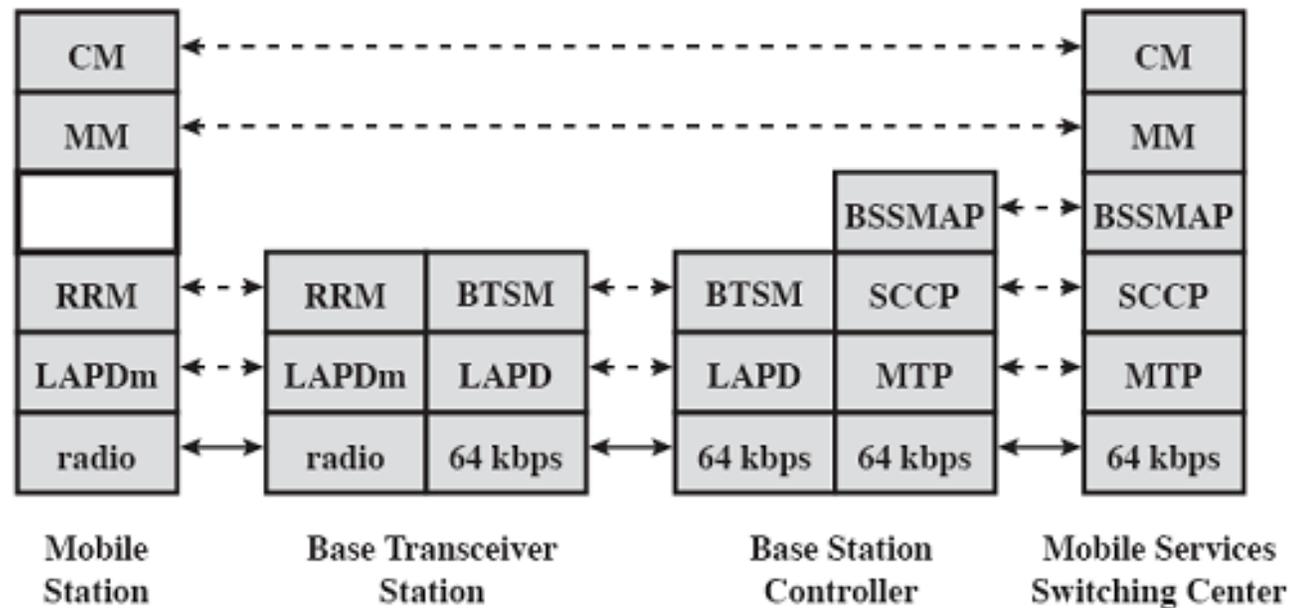
Una versión modificada LAPDm (TS04.06) se usa sobre la interfaz de aire entre el TRX de la BTS y el dispositivo móvil.

- LAPD CRC de la capa enlace de datos no se requiere, ya se tiene FEC en el interfaz de aire.
- La bandera de inicio de LAPD de 8 bits no se requiere.
- Mensajes incluyen:
 - Radio Resource Management
 - Mobility Management (MM)
 - Connection Management (CM)



Arquitectura de Protocolos

- La figura presenta los protocolos utilizados entre los principales componentes de la arquitectura de red.



BSSMAP = BSS mobile application part
BTSM = BTS management
CM = connection management
LAPD = link access protocol, D channel

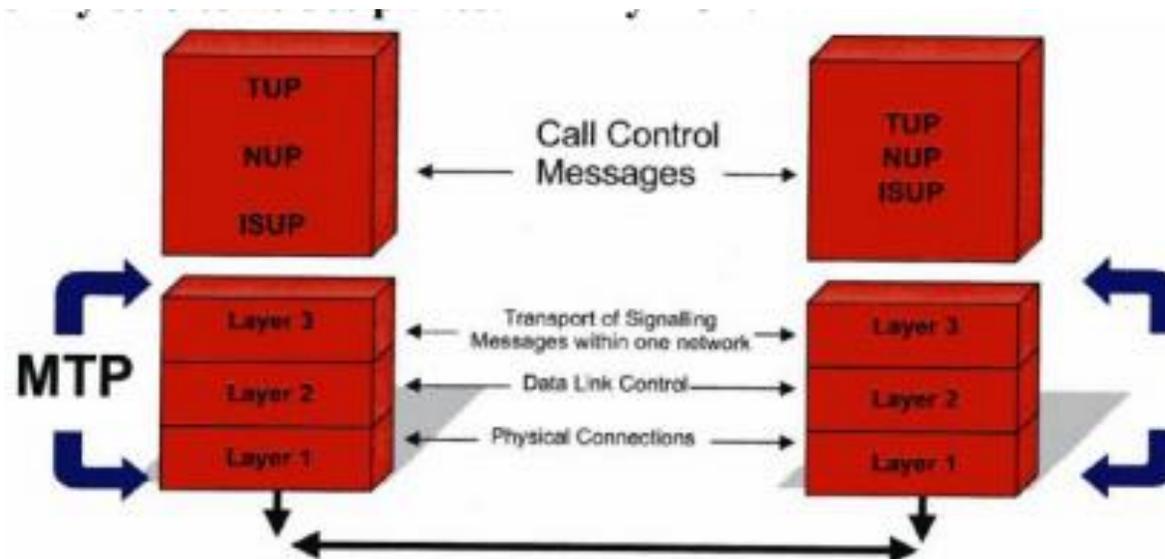
MM = mobility management
MTP = message transfer part
RRM = radio resources management
SCCP = signal connection control part

GSM Signaling Protocol Architecture



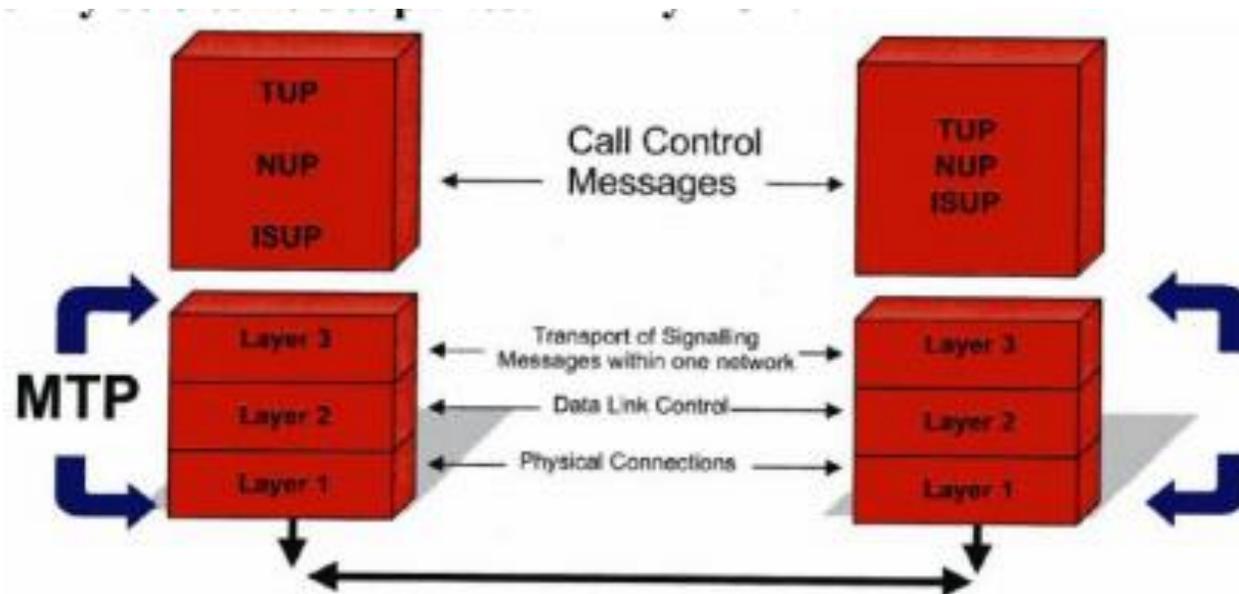
SS7

- TUP (Telephone User Part) es la entidad que envía y recibe mensajes usados para el control de llamadas (establecimiento, supervisión y liberación).
- TUP puede reemplazarse por:
 - NUP (National User Part), permitiendo algunas variaciones menores.
 - En ISDN se tiene mas funcionalidad con ISUP (ISDN User Part).



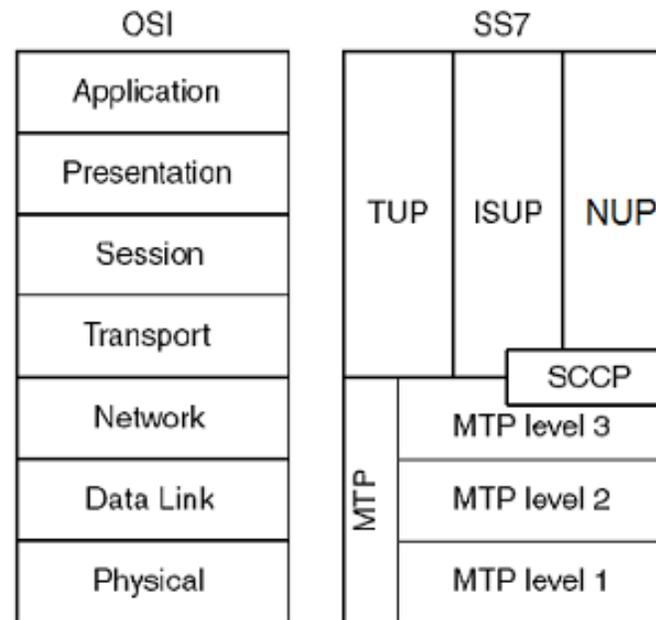
SS7

- Las subcapas de MTP (Message Transfer Part) 1 a 3 son responsables por el transporte de mensajes de señalización y funcionalidad de direccionamiento entre dos elementos dentro de la misma red.
- En redes fijas hay solo estas dos partes: MTP y TUP.

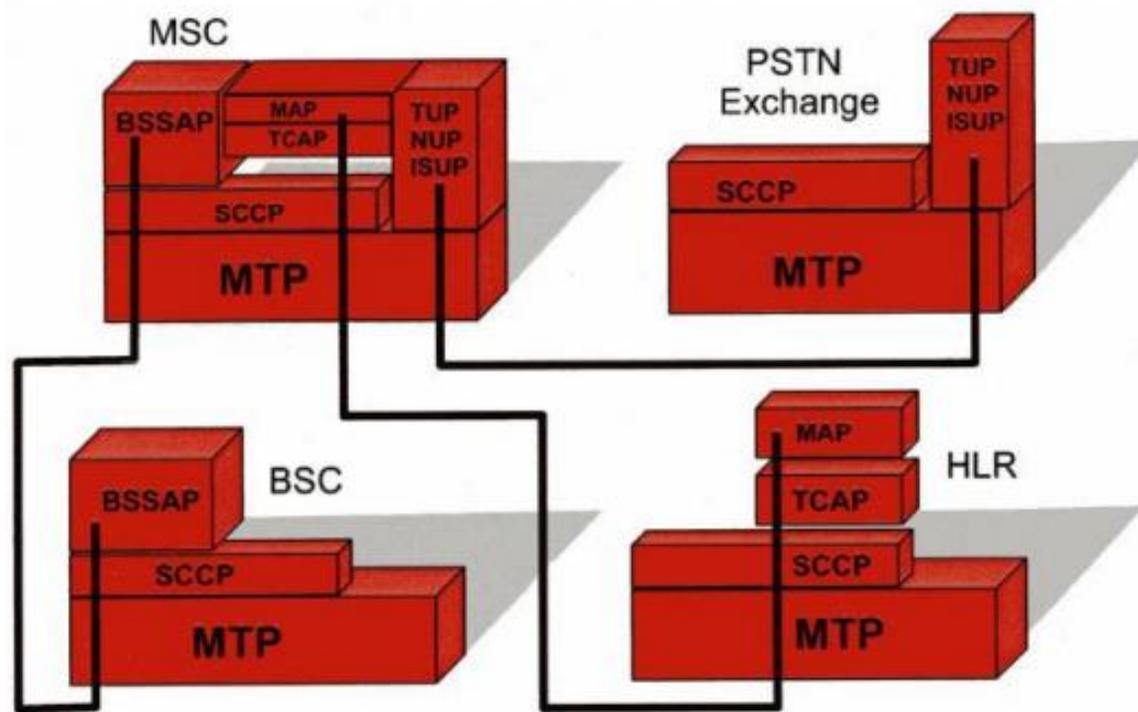


SS7

- SCCP (Signaling Connection and Control Part)
- Por medio de sus funciones de Capa 3, ofrece direccionamiento end-to-end, conexiones virtuales, permitiendo señalización entre redes.



- SS7 en GSM



Seguridad

- Hay tres algoritmos principales usados en GSM.
- Cada uno de estos algoritmos es un secreto y solo se revelan a personas que “necesitan saber”, determinadas por el comité GSM.

Name	Use	Basics
A3	Authentication	None
A5	Encryption/Decryption Algorithm for packet encryption	3 Sparsely loopedback LFSRs (Linear Feedback Shift Register/pseudo random generator) in the original version, lots of variants.
A8	Cipher Key Generator	Basically a one way function



Seguridad

- Con el número de trama cambiante, se tiene que los 114 bits del stream de encriptación cambia continuamente.

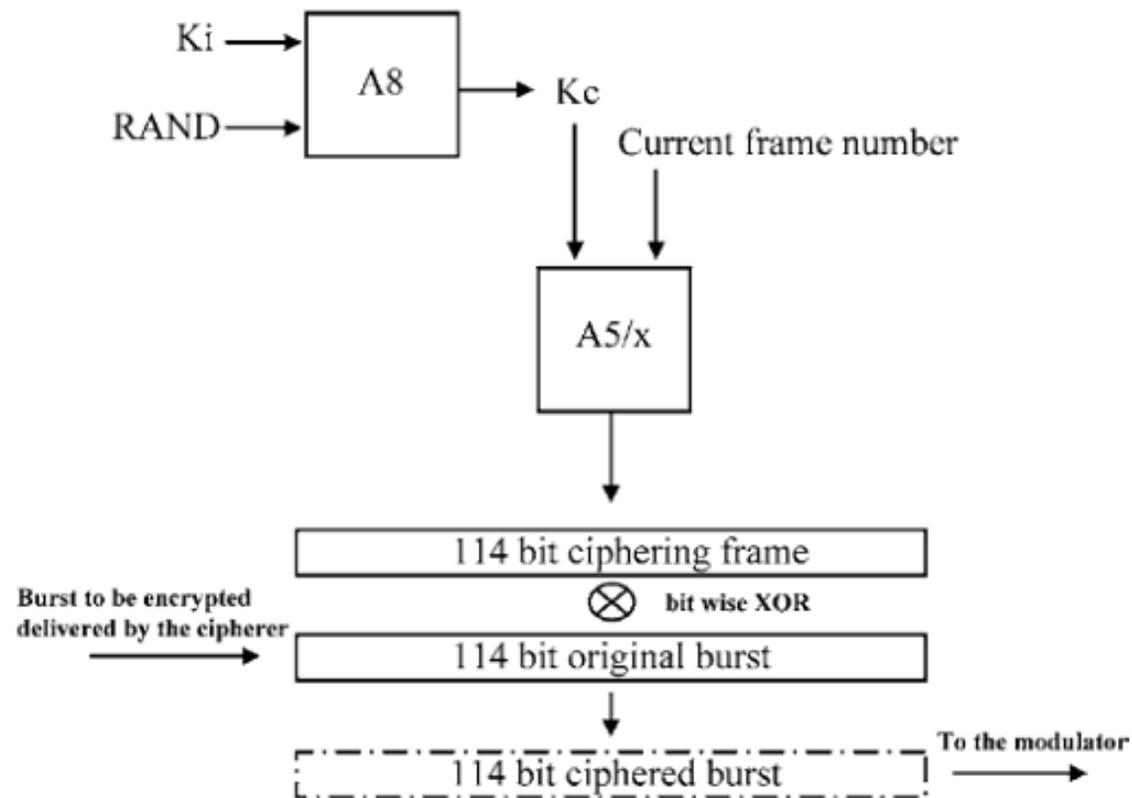
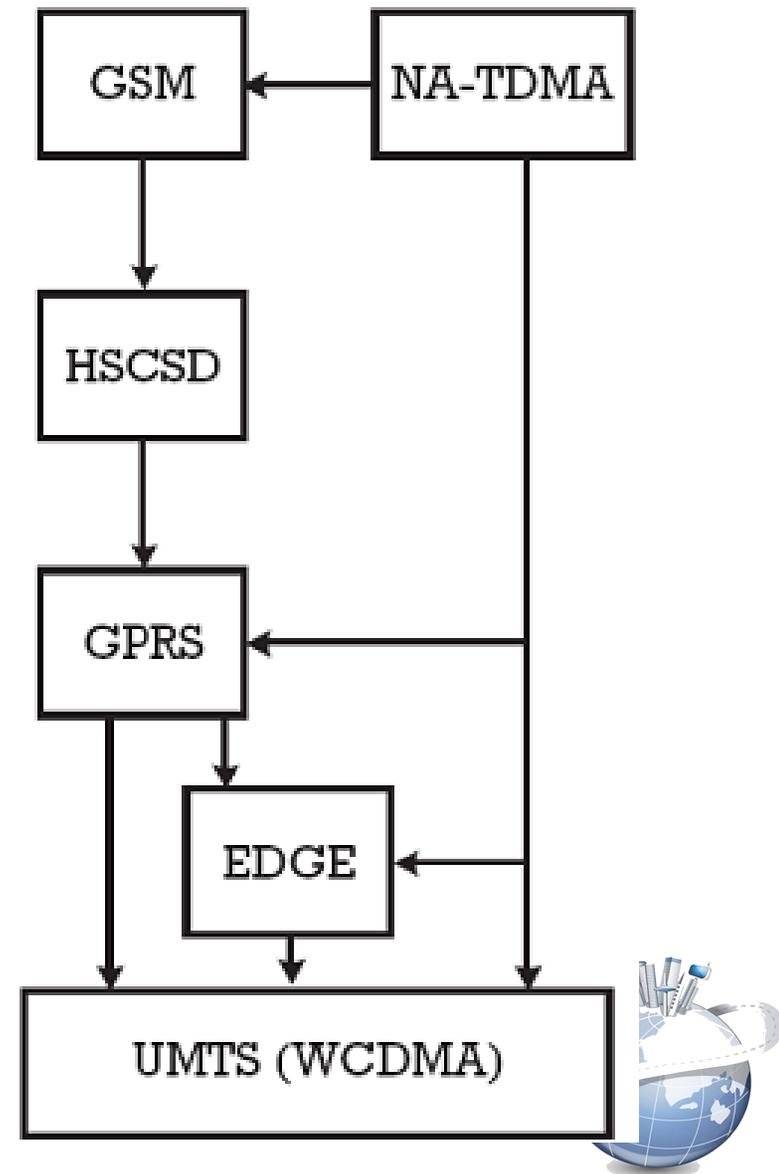


Figure 1.37 Ciphering of an air interface burst



Evolución hacia 3G

- El mundo de los datos es un mundo basado en el Internet.
- La red de core necesita estar basada en IP (Internet protocol) en lo que se refiere a su arquitectura.
- Una vez que un operador tenga esto, la puede usar para crecimiento adicional.
- Esquemas 3G pueden usar esta red de core sin inversiones adicionales.
- WCDMA hace uso de la arquitectura de GPRS para sus servicios de datos.



GPRS
General Packet Radio
Service

Ing. Deysi Inca Blaseca



Introducción

- *Es la evolución lógica desde las redes actuales GSM, de 2ª Generación, hacia las redes de 3G (UMTS/WCDMA) y como tal habrá una transición gradual en la que varias tecnologías convivirán durante algún tiempo.*
- *Utiliza el canal de radio de una manera mucho más eficiente (se introduce la conmutación de paquetes utilizando el protocolo IP).*
- *e pueden trasladar sin mayores dificultades a las futuras redes y entonces los usuarios experimentarán un aumento de la velocidad, pero no un cambio en como son.*



Introducción

- *Es una solución de estándar abierto que proporciona compatibilidad multioperador. Sobre las redes actuales GSM en operación se implanta muy fácilmente.*
- *Con baja inversión económica, añadiendo nuevos nodos de datos por paquetes (SGSN y GGSN) y actualizando los existentes para proporcionar una ruta de encaminamiento para los paquetes de datos entre el terminal móvil y un nodo de pasarela.*
- *El nodo GGSN, que hace de pasarela, hace posible la interrelación con redes externas de datos por paquetes para acceder a Internet y a las intranets de las empresas.*



Arquitectura

- *Es necesario incorporar dos nodos lógicos para gestionar las aplicaciones GPRS en las redes GSM:*
 - *Nodo de soporte GPRS servidor (SGSN)*
 - *Nodo de soporte GPRS pasarela (GGSN).*



Arquitectura

- *El SGSN ofrece:*
- *Encaminamiento de paquetes, incluyendo gestión de la movilidad, autenticación y cifrado entre todos los abonados GPRS que se encuentren en el área de servicio SGSN.*
- *Cualquier SGSN de la red puede prestar servicio a un abonado GPRS, dependiendo de donde éste se halle.*
- *El tráfico se dirige desde el SGSN al Controlador de la Estación Base (BSC) y al terminal móvil mediante la Estación Transceptora Base (BTS).*



Arquitectura

- El GGSN proporciona la pasarela para las redes de los Proveedores de Servicios de Internet externas.
- Gestionando la seguridad y las funciones de contabilidad así como la asignación dinámica de direcciones IP.
- Desde el punto de vista de las redes externas IP, el GGSN es un servidor que posee las direcciones IP de todos los abonados a los que presta servicio la red GPRS.
- Los nodos se conectan por una red troncal IP.



Arquitectura

- GPRS ofrece a los usuarios móviles:
- Mayor velocidad de transmisión de datos que GSM sólo (pudiendo llegar, en teoría, hasta 115 kbits/s, que equivale a 8 slots x 14,4 kbit/s).
- En la práctica se alcanza aproximadamente la mitad o menos, ya que sólo se usan algunos de los 8 slots de tiempo –canales– disponibles por cada portadora GSM) y resulta especialmente adecuado para el tráfico en ráfagas, típico de Internet.
- Varios canales de radio se utilizan combinados para aumentar la velocidad, con lo que se consigue una gestión eficaz del interface de comunicaciones, pudiendo enviar voz y datos al mismo tiempo.



Arquitectura

- Con los dispositivos móviles GPRS, de los que hay definidos 3 tipos según permitan o no la simultaneidad de llamadas de voz y datos, los usuarios podrán estar “siempre conectados” con Internet móvil, de manera que, por ejemplo, los correos electrónicos llegarán al instante, sin necesidad de interrogar al servidor.
- GPRS proporciona conectividad IP de extremo a extremo y hace sencillas las comunicaciones.
- GPRS ofrece configuración de la conexión casi instantánea y permite la opción de facturar por datos transmitidos realmente en lugar de por tiempo de conexión, lo que viene a romper la barrera que encuentran los usuarios para disfrutar plenamente de Internet.
- Como todas las tecnologías de transmisión de datos por paquetes, GPRS utiliza sólo los recursos y el ancho de banda de la red mientras se transmiten los datos. Así se utiliza con la máxima eficacia el ancho de banda de radio disponible, un recurso bastante escaso.



Arquitectura

- Con la introducción de GPRS también mejorarán las aplicaciones entre máquinas (M2M), ya que éstas pueden estar permanentemente en línea y, sin generar apenas tráfico, el coste de las transacciones que realicen será muy bajo.
- GSM/GPRS permite una conexión instantánea, utiliza eficazmente el espectro de radio y facilita la introducción de nuevos servicios, creando un mercado que la tecnología UMTS consolidará.



Comparación de GPRS y GSM

- Como hemos visto anteriormente el sistema GSM no se adaptaba del todo bien a la transmisión de datos. Vamos a ver ahora las características de GPRS:
- Velocidad de transferencia de hasta 144 Kbps.
- Conexión permanente. Tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.
- Pago por cantidad de información transmitida, no por tiempo de conexión. Veamos unos ejemplos de los tamaños de información que descargaríamos:
- **Envío de un e-mail** de 5 líneas de [texto](#) con un anexo (documento tipo de [Word](#) de 4 páginas), consumiría alrededor de **95 kbytes**.
- **Acceder a un buscador**, buscar un término (ej. [viajes](#)) y recibir una pantalla de respuesta podría ocupar **100 kbytes** aproximadamente.
- **Recibir una hoja de cálculo** (documento tipo [Excel](#) de 5 hojas), consumiría aproximadamente **250 kbytes**.
- **Bajarse una presentación** (documento tipo [PowerPoint](#) de 20 diapositivas y con [fotos](#)) equivale a unos **1.000 kbytes**.
- Como vemos estas características se amoldan mucho mejor para la transmisión de datos que el tradicional sistema GSM.



Ventajas

- Característica de "Always connected": un usuario GPRS puede estar conectado todo el tiempo que desee, puesto que no hace uso de recursos de red (y por tanto no paga) mientras no esté recibiendo ni transmitiendo datos.
- Tarificación por volumen de datos transferidos, en lugar de por tiempo.
- Coste nulo de establecimiento de conexión a la red GPRS, frente a los quantum de conexión existentes actualmente en GSM.
- Mayor velocidad de transmisión. En GSM sólo se puede tener un canal asignado (un "timeslot"), sin embargo, en GPRS, se pueden tener varios canales asignados, tanto en el sentido de transmisión del móvil a la estación base como de la estación base al móvil. La velocidad de transmisión aumentará con el número de canales asignados. Además, GPRS permite el uso de esquemas de codificación de datos que permiten una velocidad de transferencia de datos mayor que en GSM.
- Posibilidad de realizar/recibir llamadas de voz mientras se está conectado o utilizando cualquiera de los servicios disponibles con esta tecnología.
- Modo de transmisión asimétrico, más adaptado al tipo de tráfico de navegación html o wml (un terminal GPRS 4+1 (4 slots downlink y 1 uplink) tendrá cuatro veces mayor capacidad de transmisión de bajada que de subida).



Servicios

- **Acceder en movilidad a Internet y correo electrónico.**
GPRS permite acceder en movilidad a todas las facilidades de Internet usando el terminal GPRS como módem:
- Acceso a [cuentas](#) de correo Internet ([lectura](#) y envío de e-mails).
- Aviso de recepción de correo en el móvil.
- Navegación por Internet.
- Descarga de ficheros.
- Desde cualquier PC, asistente personal digital (PDA) o directamente desde el terminal GPRS (si sus características lo permiten).



Funcionamiento

- Ya existen en el [mercado](#) un buen número de móviles adaptados al sistema GPRS. En la [bibliografía](#) se comentan algunas direcciones donde obtener los diferentes [modelos](#) que homologan las operadoras.
- Los terminales GPRS presentan las siguientes características comunes:
 - **Capacidad Dual.**- Los terminales GPRS están adaptados para aprovechar la cobertura existente GSM para la voz y en GPRS para la transmisión de datos.
 - **Velocidad de transferencia.**- Los terminales GPRS utilizan varios canales simultáneos o slots.- El número de canales depende de cada terminal, variando de 1 a 4 para la recepción de datos y de 1 a 2 para el envío.
- Cada canal representa una velocidad teórica de 13.4 kilobits (en GSM sólo 9 Kbits).



Funcionamiento

Tarjeta SIM:

- La tarjeta SIM es la misma que para GSM. No es preciso cambiar de tarjeta para usar GPRS.
- Existen tres tipos de terminales, cada uno con sus características:

CLASE A:

- ✘ Uso simultáneo de GSM y GPRS
- ✘ 1 Time-Slot para GSM y 1 o más para GPRS
- ✘ No hay degradación de ninguno de los dos servicios.

CLASE B:

- ✘ Registro GPRS y GSM
- ✘ Uno de los dos está en suspenso mientras el otro está activo. Prioridad para GSM.
- ✘ Degradación de QoS sólo para GPRS

CLASE C:

- ✘ Elección manual de GPRS o GSM
- ✘ No hay uso simultáneo.



Funcionamiento

- Algunos de los terminales GPRS que se irán desarrollando con capacidades adicionales a medida que la tecnología vaya avanzando son:
- Teléfonos móviles similares a los actuales con visor cada vez mayor y con mejor resolución. Estos terminales permitirán el uso de información escrita o gráfica de forma resumida. Además actuarán de módem inalámbrico cuando se conectan a un ordenador portátil o de sobremesa.
- Terminales tipo Organizador Personal Digital (PDA "Personal Digital Assistant") con pantalla plana en color de mayor formato y gran capacidad gráfica.
- Ordenadores portátiles que utilicen para su conexión inalámbrica un teléfono móvil GPRS o una tarjeta PCMCIA con capacidad de comunicación móvil.
- Otros dispositivos muy diversos que utilizarán comunicación móvil y que estarán adaptados a una función muy especializada como sistemas de navegación en los coches, tarjetas de comunicación inalámbrica en máquinas vending, dispositivos de telemetría y telecontrol industrial, etc.



Pila de Protocolos

El plano de transmisión es el encargado de proveer la transmisión de los datos del usuario y su señalización para el control de flujo, detección de errores y la corrección de los mismos.

- **GTP: GPRS Tunneling Protocol.**

- Es el encargado de transportar los paquetes del usuario y sus señales relacionadas entre los nodos de soporte de GPRS (GSN). Los paquetes GTP contiene los paquetes IP o X.25 del usuario. Por debajo de él, los protocolos estándares TCP o UDP se encargan de transportar los paquetes por la red. Resumiendo, en el Backbone del GPRS tenemos una arquitectura de transporte IP/X.25-sobre-GTP-sobre-UDP/TCP-sobre IP.

- **SNDCP: Subnetwork Dependent Convergence Protocol.**

- Es el encargado de transferir los paquetes de datos entre los SGSN (nodo responsable de la entrega de paquetes al terminal móvil) y la estación móvil. Las funciones que desempeña:
- Multiplexación de diversas conexiones de la capa de red en una conexión lógica virtual de la capa LLC.
- Compresión y descompresión de los datos e información redundante de cabecera.



Pila de Protocolos

- AIR INTERFACE:

- Concierno a las comunicaciones entre la estación móvil y la BSS en los protocolos de las capas [física](#), MAC, y RLC.
- Las subcapas RLC/MAC permiten una eficiente multiplexación multiusuario en los canales de paquetes de datos compartidos, y utiliza un [protocolo](#) ARQ selectivo para transmisiones seguras a través del interfaz [aire](#). El canal físico dedicado para tráfico en modo paquete se llama PDCH(Packet Data Channel).
- En adelante se considerará la capa de enlace de datos (Data Link Layer) y la capa física (Physical Layer) como parte del Interfaz Aire Um.



Pila de Protocolos

- **DATA LINK LAYER:** Capa de enlace de datos. Se encuentra entre la estación móvil (el móvil GPRS en sí) y la red.

Se subdivide en:

- la capa LLC (entre MS-SGSN): Provee un enlace altamente fiable y está basado en el protocolo HDLC e incluye control de secuencia, entrega en orden, control de flujo, detección de errores de transmisión y retransmisión. Es básicamente una adaptación del protocolo LAPDm usado en GSM.
- la capa RLC/MAC (entre MS-BSS): Incluye dos funciones. El principal propósito de la capa de Control de Radio Enlace (RLC) es el de establecer un enlace fiable. Esto incluye la [segmentación](#) y reensamblado de las tramas LLC en bloques de datos RLC y ARQ (peticiones de retransmisión) de códigos incorregibles. La capa MAC controla los intentos de acceder de un MS a un canal de radio compartido por varios MS. Emplea [algoritmos](#) de resolución de contenciones, multiplexación de multiusuarios y prioridades según la QoS contratada.



Pila de Protocolos

- **PHYSICAL LAYER:** Capa física entre MS y BSS. También se subdivide en dos subcapas.
 - La capa del enlace físico (PLL) provee un canal físico. Sus tareas incluyen la codificación del canal (detección de errores de transmisión, corrección adelantada (FEC), indicación de códigos incorregibles), interleaving y la detección de congestión del enlace físico.
 - La capa de enlace de radio frecuencia (RFL) trabaja por debajo de la PLL e incluye la [modulación](#) y la demodulación.
- **INTERFAZ BSS-SGSN:**
 - El protocolo de aplicación BSS GPRS (BSSGP) se encarga del enrutado y lo relativo a la información de la QoS entre BSS y SGSN. El servicio de red (NS) está basado en el protocolo de [Frame Relay](#).



✓ Plano de Transmisión

