



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática



Sistemas de Conmutación



Dr. Ing. Álvaro Rendón Gallón

Basada en (Hurtado y Martínez, 2010)


Popayán, abril de 2013

Temario



2


- Introducción
- GSM (Global System for Mobile Communications)
- GPRS (General Packet Radio Service)
- 3G (UMTS) y evolución a 4G (LTE)


3

Temario



- **Introducción**
 - Historia
 - Conceptos
 - Técnicas de acceso
 - Arquitectura básica
 - Traspaso (*handover*) e itinerancia (*roaming*)
- **GSM (Global System for Mobile Communications)**
- **GPRS (General Packet Radio Service)**
- **3G (UMTS) y evolución a 4G**

Álvaro Rendón G.


4

Historia

- **Comunicación inalámbrica**
 - Señales de humo
 - Semáforos (telegrafía óptica)
- **Redes privadas de telefonía móvil**
 - 1921: Detroit (USA), Policía
 - 1934: Funcionamiento en AM
- **Sistema público (Generación 0: 0G)**
 - MTS: Mobile Telephone Service
 - 1946, San Luis (USA)
 - FM, VHF, 6 canales semi-dúplex
 - Asistido por operadora
- **1964: IMTS (Improved MTS)**
 - VHF/UHF, 9-12 canales dúplex
 - Un solo transmisor central de gran potencia
 - Antenas a buena altura para mayor cobertura
 - Equipo en el maletero con terminal en el interior

Fuente: Wikipedia

5

Departamento de Telemática

Historia

Terminales

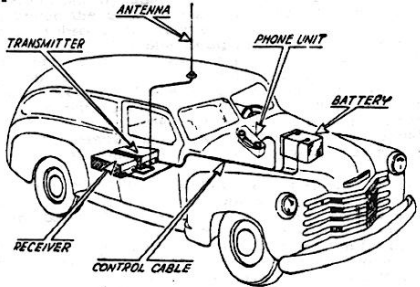
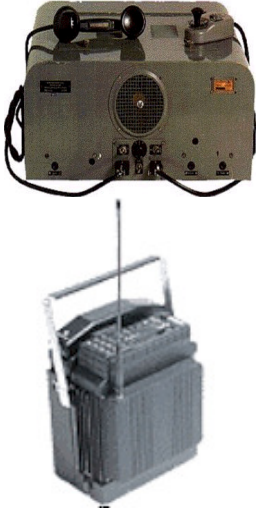


FIG. 4—Typical Mobile Installation

<http://www.wb6nh.com/MTSfiles/Carphone1.htm>



6


Departamento de Telemática

Historia

Sistemas Analógicos (1G)

- TZ-801/803: De Nippon Telegraph and Telephone (NTT), 1979. Primer sistema celular
- NMT-450: Sistema Nórdico de Telefonía Móvil, 450 MHz (Finlandia, Suecia, Noruega, Dinamarca), 1981. Primer sistema con itinerancia (*roaming*)
- AMPS: Sistema Avanzado de Telefonía Móvil, 800 MHz (USA), 1982
- EAMPS: AMPS Extendido
- TACS: Sistema de Comunicación de Acceso Total, 900 MHz (Reino Unido), 1983
- RC-2000: RadioComm 2000 (Francia), 1986



7


Departamento de
Telemática

Historia


Terminales

Martin Cooper
Padre del teléfono móvil
"Sistema radioteléfono"
1973

Motorola DynaTAC 8000X
Diseño: **Rudy Krolopp**
Primer sistema comercial, 4.000 dólares
1983

8


Departamento de
Telemática

Historia

Sistemas Digitales (2G)

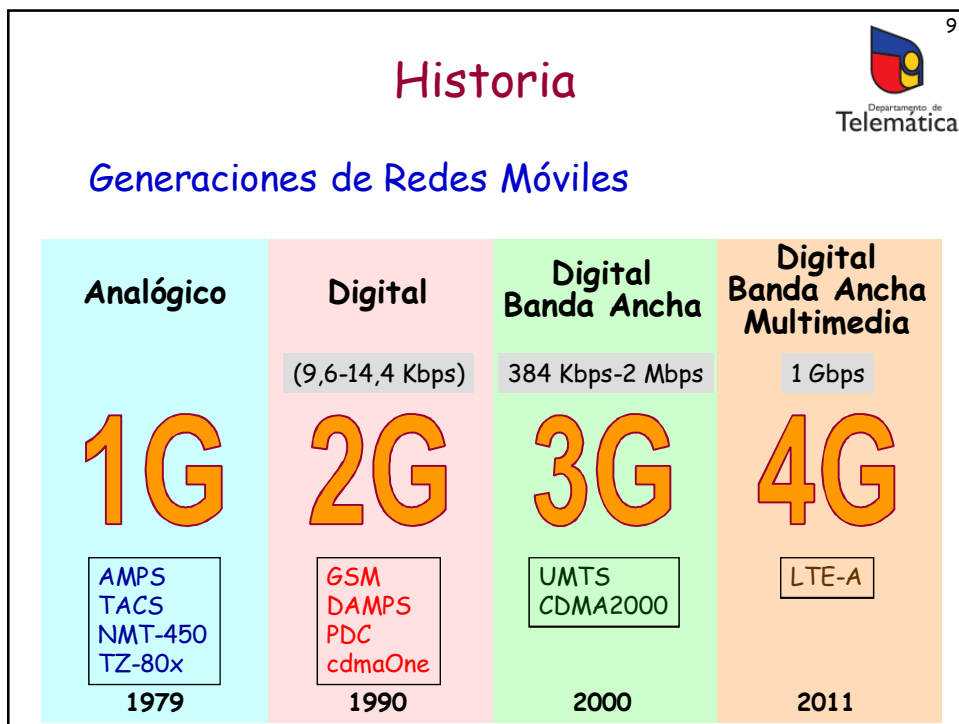
TDMA (Time Division Multiple Access)

- **DAMPS** (Digital AMPS) o IS-54B, USA, 1990
IS-136, 800 y 1.900 MHz. DAMPS mejorado
- **GSM** (Global System for Mobile Communications),
Europa, 1991
- **PDC** (Personal Digital Cellular), Japón, 1993


CDMA (Code Division Multiple Access)

- **cdmaOne** (IS-95A), USA, 1995

IS (Interim Standard): Estándar de la TIA (Telecommunications Industry Association) y la EIA (Electronic Industries Alliance) (U.S.A.)



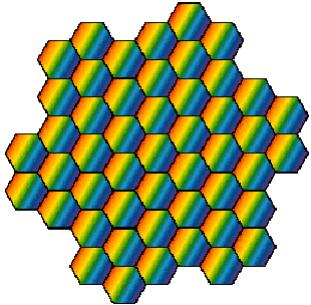
11


Departamento de
Telemática

Conceptos

Celular:
El área de cobertura total del servicio, se divide en partes más pequeñas llamadas "células" o "celdas"


Área de cobertura



En cada celda:

- Estación Base
- Grupo de frecuencias

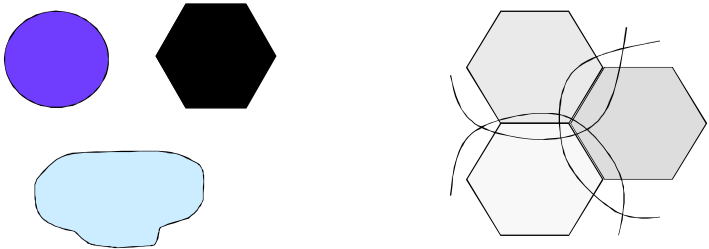
12


Departamento de
Telemática

Conceptos


Celda - Célula

- Es el área alcanzada por la señal de una estación base celular



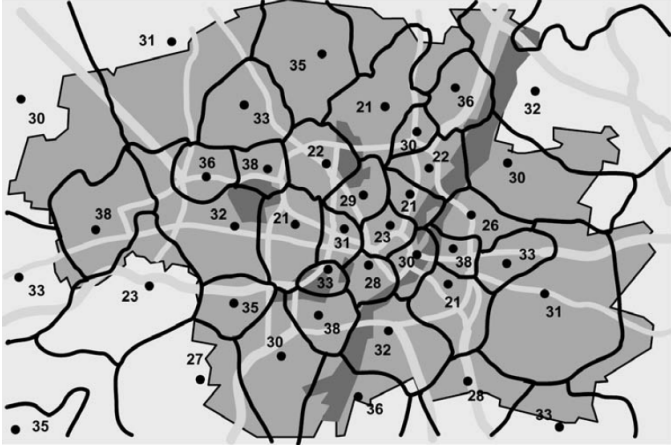
Para efectos de análisis matemáticos, se tomó el hexágono para representar las celdas
Pueden variar de forma y tamaño en función de la topografía y el tráfico

13


Departamento de Telemática


Conceptos

Formas reales de las celdas



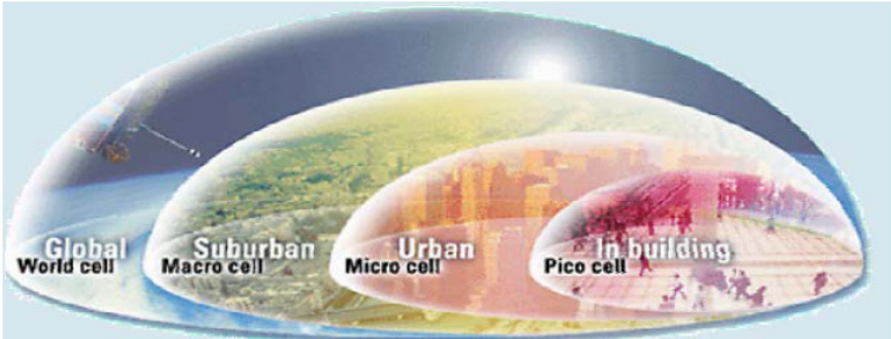
(Eberspächer et al., 2009)

14


Departamento de Telemática

Conceptos

Tipos de cobertura



Satélite, Itinerancia (roaming) ← Red de Telefonía Móvil Celular (RTMC) →
Public Land Mobile Network (PLMN)

15

Departamento de Telemática

Conceptos

Definición de enlaces

Localización del espectro
GSM 900:
2 bandas de 25 MHz cada una:

Uplink (Reverse link) Downlink (Forward link)

124 portadoras 124 portadoras MHz

890 915 935 960

Estación base Estación móvil

16

Departamento de Telemática

Conceptos


Problema:

- Número máximo posible de canales de comunicación

Solución:


- Reuso de frecuencias
- Celdas adyacentes tienen conjuntos de frecuencias disjuntos

17


Departamento de
Telemática

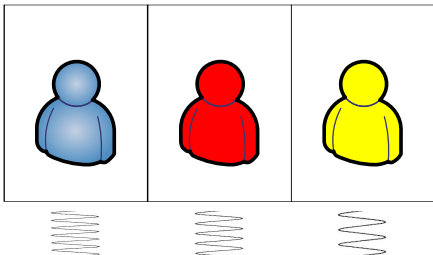
Técnicas de acceso

FDMA - Frequency Division Multiple Access




A cada usuario se le asigna una frecuencia diferente

Sistemas analógicos (1G)




18


Departamento de
Telemática

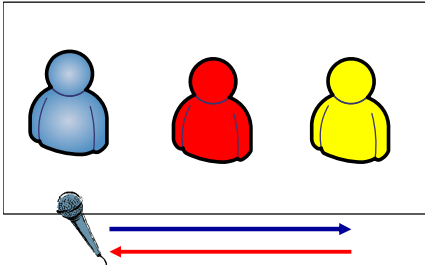
Técnicas de acceso

TDMA - Time Division Multiple Access



A cada usuario se le asigna un intervalo de tiempo para transmitir

Sistemas digitales (2G)
Multiplicó la capacidad de los sistemas 1G



GSM: Cada portadora soporta una trama de 8 intervalos de tiempo

19

Departamento de Telemática

Técnicas de acceso

CDMA - Code Division Multiple Access

Los usuarios utilizan todo el ancho de banda al mismo tiempo, utilizando un código único para cada comunicación

goedemorgen
Guten Morgen
buon giorno

Buenos días
Bonjour
Good morning
dobré ráno
доброе утро

20

Departamento de Telemática

Arquitectura básica


Troncales entre centrales móviles

Troncales para la RTPC

RTPC: Red Telefónica Pública Conmutada

EM: Estación Móvil **CCM:** Central de Conmutación Móvil
EB : Estación Base **HLR:** Registro de ubicación base
VLR: Registro de ubicación de visitantes

21


Departamento de Telemática

Arquitectura básica

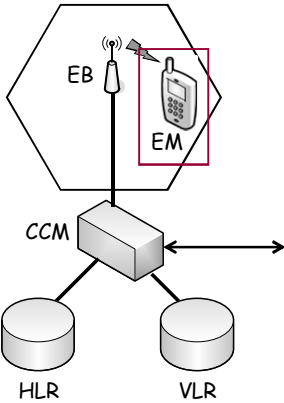
Estación móvil (EM)

Interfaz entre el usuario y el sistema

Compuesta por:

- Unidad de control
- Transceptor
- Sistema de antena

Funciones: Transmisión de voz, control, señalización, control del nivel de potencia



22


Departamento de Telemática

Arquitectura básica

Estación móvil (EM)

Cómo se identifica? Número de directorio

MSISDN: Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network Number

MSISDN = CC + NDC + SN (Rec. E.164, §6.2.1)

CC: Indicativo del País

NDC: Indicativo Nacional de Destino


SN: Número del Abonado

Ej: 57-300-7654321

Decreto 25 de 2002
Título II, Capítulo I
Plan Nacional de Numeración



23


Departamento de
Telemática

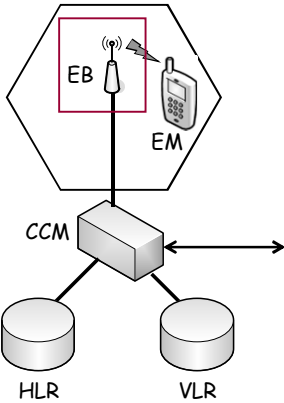
Arquitectura básica

Estación Base (EB)


Compuesta por dispositivos que controlan la transmisión y recepción de llamadas

Funciones de control, monitorización y supervisión de llamadas

Gestión de recursos de radio



24


Departamento de
Telemática

Arquitectura básica

Central de Conmutación Móvil (CCM)

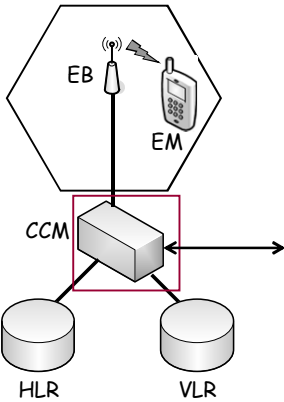
Cerebro de la red celular

Control de comunicaciones desde y hacia los abonados


Control de Estaciones Base

Interconexión con otros CCM y la RTPC

Actividades de tarificación



25


Departamento de
Telemática

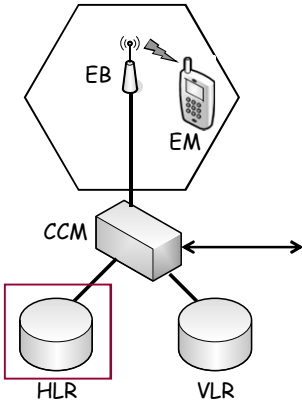
Arquitectura básica

Home Location Register (HLR)


(Registro de ubicación base)

Base de datos que almacena información de los suscriptores pertenecientes al área de cobertura de un CCM

Establecimiento de perfiles



26


Departamento de
Telemática

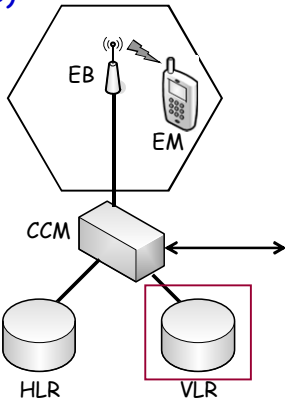
Arquitectura básica

Visitor Location Register (VLR)


(Registro de ubicación de visitantes)

Informa a HLR la ubicación de EM

Almacena información proveniente del HLR con el fin de proveer servicio a usuarios visitantes



27


Departamento de Telemática

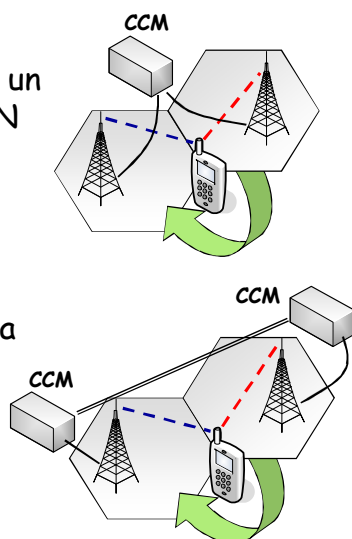
Traspaso e itinerancia


Traspaso (*handover/handoff*)

Transferencia de la conversación a un canal de voz con mejor relación S/N en otra celda

Itinerancia (*roaming*)

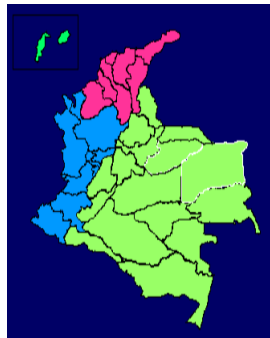
Operación de unidades móviles en áreas fuera de la zona de servicio a la que éste pertenece (área domiciliar): zona de servicio de otra empresa




Departamento de Telemática

Telefonía Móvil en Colombia

- En 1994, el país se dividió en tres zonas y se otorgaron dos licencias (A: privada, B: mixta) en cada una.
 - **Oriente:** Comcel, Celumóvil
 - **Occidente:** Ocel, Cocelco
 - **Norte:** Celcaribe, Celumóvil
- Proceso de fusiones:
 - Comcel absorbe a Ocel y Celcaribe
 - BellSouth compra Celumóvil y Cocelco
- En 2003 había dos operadores (850 MHz):
 - **Comcel** (América Móvil)
 - **Movistar** (Telefónica, que le compra a BellSouth)
- En 2003 se adjudica tercera licencia (1.900 MHz):
 - OLA -> **TIGO** (Colombia Móvil: Millicom+ETB+EPM)



Telefonía Móvil en Colombia



Operadores de red (OMR)

- **Comcel**
 - GSM: 850 MHz
 - UMTS/HSDPA: 850 MHz
- **Movistar**
 - GSM: 850 MHz
 - UMTS/HSDPA: 850 MHz
- **TIGO**
 - GSM: 1.900 MHz
 - UMTS/HSDPA: 1.900 MHz

Operadores virtuales (OMV)

- **Uff**
 - Red de Tigo
- **UNE (La SIM)**
 - Red de Tigo
- **Virgin Mobile**
 - Red de Movistar

OMR: Operador Móvil de Red - OMV: Operador Móvil Virtual

Temario



30

- **Introducción**
- **GSM (Global System for Mobile Communications)**
 - Historia
 - Arquitectura
 - Canales lógicos usuario-red
 - Gestión de localización
 - Procedimiento de llamada
 - Servicios
- **GPRS (General Packet Radio Service)**
- **3G (UMTS) y evolución a 4G**

31



Historia

1982: El CEPT crea el GSM (Groupe Spécial Mobile)

Objetivo:

Crear un sistema para móviles único que sirviese de estándar para Europa y que fuese compatible con los servicios existentes y futuros sobre RDSI (Red Digital de Servicios Integrados)

Ahora: GSM = Global System for Mobile Communications

CEPT: Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones

32




Historia

- 1982 - La CEPT crea el Groupe Speciale Mobile (GSM)
- 1985 - Primeras recomendaciones del grupo GSM
- 1986 - Primeras pruebas de radio sobre GSM
- 1987 - Se elige el sistema TDMA como técnica de acceso al medio
- 1988 - Se valida el sistema GSM
- 1989 - Se traspasa GSM de la CEPT al ETSI
- 1989 - Primeras especificaciones sobre GSM para desarrollar productos comerciales
- 1990 - Lanzamiento de GSM a nivel comercial
- 1991 - Primera llamada GSM hecha por Radiolinja en Finlandia
- 1991 - Inclusión de GSM en ciudades y aeropuertos
- 1992 - Primer mensaje SMS
- 1993 - Cobertura de GSM en autopista e inicio de su uso fuera de Europa
- 1995 - Cobertura de áreas rurales



Bandas GSM

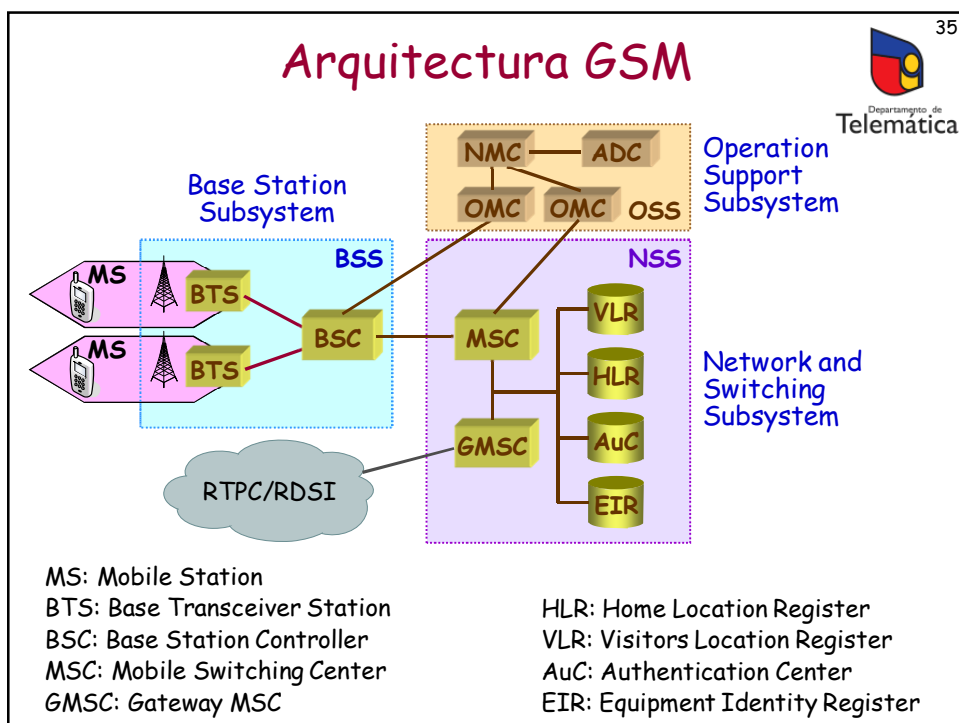


El 3GPP ha definido 14 bandas

Sistema	Banda	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Número de canal
T-GSM-380	380	380.2-389.8	390.2-399.8	dinámico
...				
T-GSM-810	810	806.0-821.0	851.0-866.0	dinámico
GSM-850	850	824.0-849.0	869.0-894.0	128-251
P-GSM-900	900	890.2-914.8	935.2-959.8	1-124
E-GSM-900	900	880.0-914.8	925.0-959.8	975-1023, 0-124
R-GSM-900	900	876.0-914.8	921.0-959.8	955-1023, 0-124
T-GSM-900	900	870.4-876.0	915.4-921.0	dinámico
DCS-1800	1800	1710.2-1784.8	1805.2-1879.8	512-885
PCS-1900	1900	1850.0-1910.0	1930.0-1990.0	512-810

Las bandas más usadas

Bandas usadas en Colombia



36

Departamento de Telemática

Arquitectura GSM

Estación Móvil (MS) o Terminal Móvil:

- Equipo móvil (Mobile Equipment)
- Módulo de Identificación del Suscriptor (SIM)

Equipo terminal o móvil (0,8 - 2W)

- Equipos portátiles (vehículos) (20 W)
- Clase 1: 20 w - Móvil y transportable
- Clase 2: 8 w - Vehículo y transportable
- Clase 3: 5 w - Portátil
- Clase 4: 2 w - Portátil
- Clase 5: 0,8 W - Portátil

Sin SIM: sólo llamadas de emergencia

37

Departamento de Telemática

Arquitectura GSM

Estación Móvil:

- Módulo de Identificación del Suscriptor (SIM)





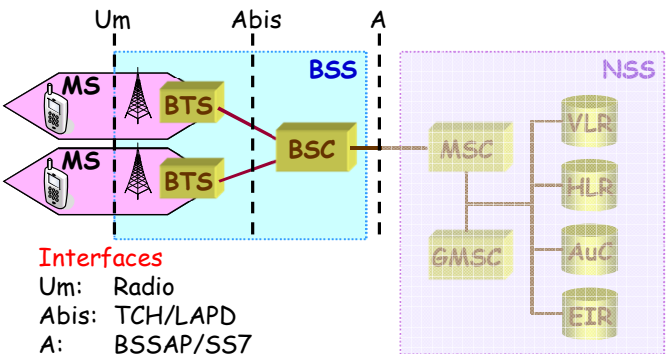
Contiene:

- **IMSI: International Mobile Subscriber Identity**
Mobile Country Code + Mobile Network Code +
Mobile Subscription Identification Number
Identificación única del suscriptor
- Lista de servicios del usuario: redes preferidas, etc.
- Claves de seguridad:
 - PIN: Personal Identification Number
 - PUK: Personal Unblocking Code

38

Departamento de Telemática

Arquitectura GSM



Interfaces

Um: Radio
Abis: TCH/LAPD
A: BSSAP/SS7

Subsistema Estación Base (BSS)

- Gestión del tráfico y la señalización entre MS y NSS
- Transcodificación de los canales de voz
- Asignación de los canales de radio
- Aviso de llamadas (*paging*)

BSSAP: Base Station System Application Part
TCH: Traffic Channel LAPD: Link Access Protocol for D-Channel


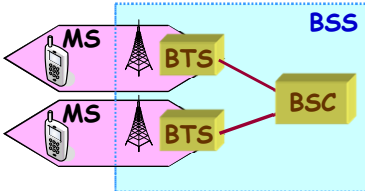
39

Departamento de Telemática

Arquitectura GSM

Subsistema Estación Base (BSS)

- Estación base transceptora (BTS):
 - Transceptores y antenas
 - Su potencia de Tx define el tamaño de la celda
 - Medidas de intensidad de campo
- Controlador de la estación base (BSC):
 - Controla un grupo de BTS y gestiona los recursos de radio
 - Traspaso (*handover*)
 - Salto de frecuencias
 - Control de niveles de potencia de RF para BTS

40

Departamento de Telemática

Arquitectura GSM

Subsistema Estación Base (BSS)

Estaciones base



<http://hosting.udlap.mx/profesores/luisg.guerrero/Cursos/IE445/Apuntesie445/capitulo4home.htm>

41

Departamento de Telemática

Arquitectura GSM

Subsistema Estación base (BSS)

- Tipos de traspaso (*handover*):
 - Traspaso de canales en la misma celda.
 - Traspaso de celdas controladas por el mismo BSC.
 - Traspaso de celdas pertenecientes al mismo MSC pero controladas por diferentes BSC.
 - Traspaso de celdas controladas por diferentes MSC.

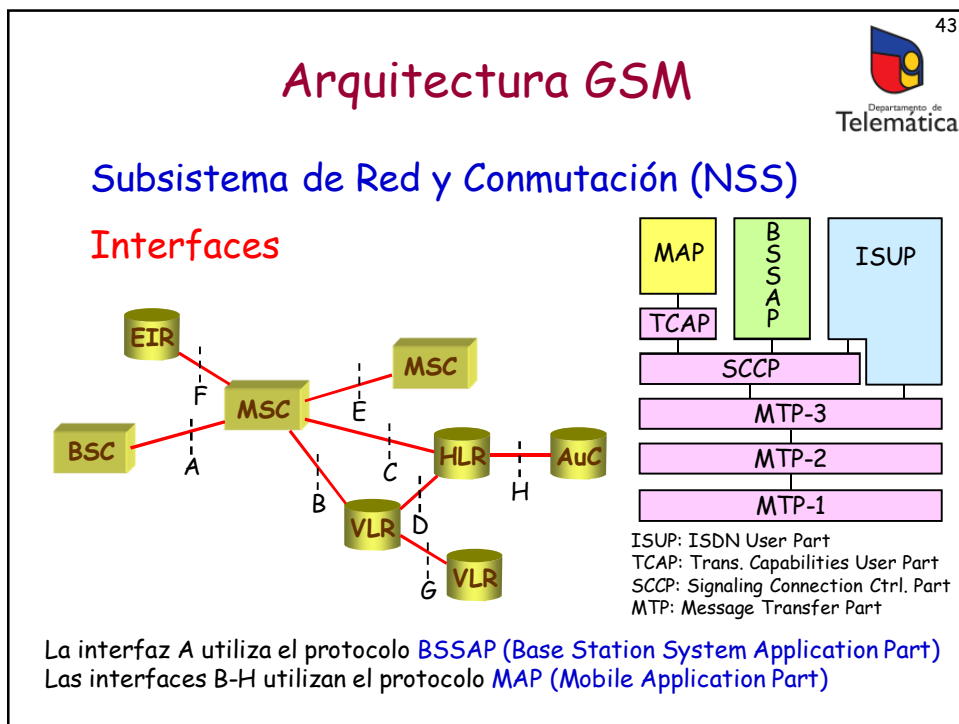
42

Departamento de Telemática

Arquitectura GSM

Subsistema de Red y Conmutación (NSS)

- Conmutación telefónica (entre móviles, móviles-fijos)
- Gestión de perfiles de usuarios
- Gestión de movilidad



45

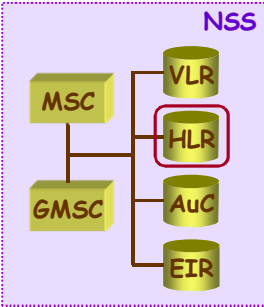
Departamento de Telemática

Arquitectura GSM

Registro de Ubicación Base (HLR)

Almacena la información administrativa de los suscriptores registrados en la red, y su localización

- Información de la estación móvil
 - IMSI: código de la SIM
 - MSISDN: número(s) de directorio
- Información del servicio
 - Servicios suscritos
 - Restricciones de servicio
 - Servicios suplementarios
- Ubicación actual
 - VLR
 - MSC



El diagrama muestra la arquitectura NSS (Network Service Switching) con los siguientes componentes: MSC (Mobile Switching Center), GMSC (Gateway MSC), VLR (Visitor Location Register), HLR (Home Location Register), AuC (Authentication Center) y EIR (Equipment Identity Register). El HLR está resaltado con un recuadro rojo.

46

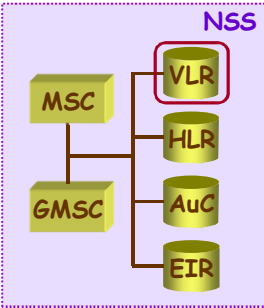
Departamento de Telemática

Arquitectura GSM

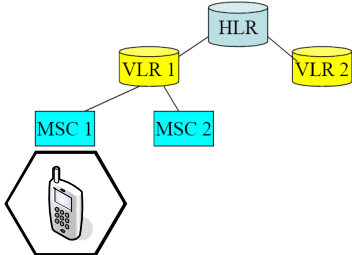
Registro de Ubicación de Visitantes (VLR)

Consulta información al HLR con el fin de proporcionar a los usuarios visitantes los servicios suscritos

- Información de la estación móvil: IMSI, MSISDN, TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity: IMSI sólo para VLR)
- Información de localización: MSC, Área de Localización (LA)
- Información de servicios




El diagrama muestra la arquitectura NSS (Network Service Switching) con los siguientes componentes: MSC (Mobile Switching Center), GMSC (Gateway MSC), VLR (Visitor Location Register), HLR (Home Location Register), AuC (Authentication Center) y EIR (Equipment Identity Register). El VLR está resaltado con un recuadro rojo.



Este diagrama ilustra la configuración de visitantes. Un móvil se conecta a MSC 1, que está vinculado a VLR 1. VLR 1 y VLR 2 están conectados al HLR central. MSC 2 también está conectado al HLR central.

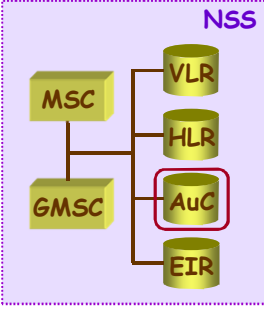
47


 Departamento de
 Telemática


Arquitectura GSM

Centro de Autenticación (AuC)

- Utilizado con propósitos de seguridad
- Funciones de autenticación y cifrado
- Verificación de la identidad del usuario
- Asegura la confidencialidad de las llamadas



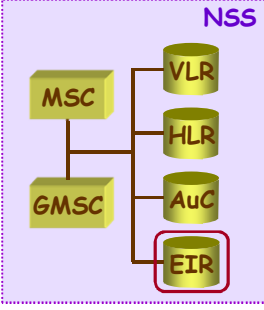
48

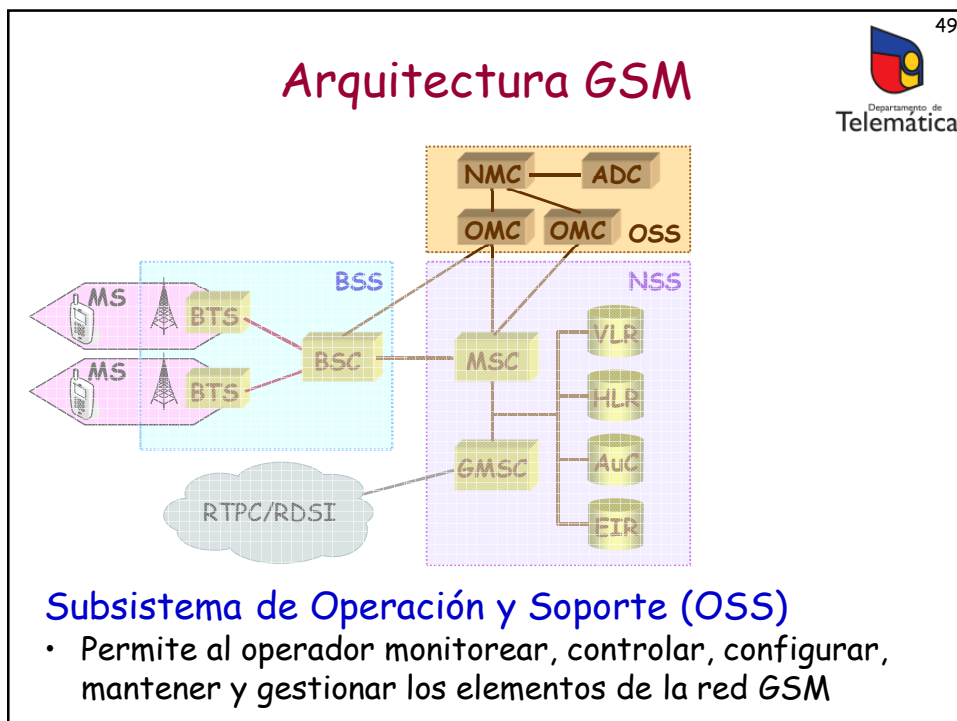

 Departamento de
 Telemática

Arquitectura GSM

Registro de Identificación de Equipo (EIR)

- Seguridad a nivel de terminales
- Un terminal se identifica a través de un Id. único
IMEI: International Mobile Equipment Identity
 Es una especie de número de serie, suministrado por el fabricante y registrado por el operador
- Reconoce terminales robados o inválidos






51

Departamento de Telemática

Canales Lógicos Usuario-Red

Estructura de los canales físicos

- La interfaz de radio combina FDMA y TDMA
- En una celda están disponibles varias portadoras (C0-Cn)
- En cada portadora se tienen 8 Intervalos de Tiempo (IT0-IT7)
- Los IT pueden transportar varios tipos de ráfagas



1 TRAMA TDMA = 8 CANALES (120/26=4,615 ms)

0	1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

TB: BITS DE COLA: 000
GP: BITS DE GUARDA

1 CANAL = DURACION 156,25 Bits (0,577 ms)

1 Bit, DURACION 3,69 μs

RAFAGA NORMAL (DUMMY)

TB	BITS ENCRIPADOS	ENTRENAMIENTO	BITS ENCRIPADOS	TB	GP
3	58 bits (57 de voz y 1 de bandera)	26	58 bits (57 de voz y 1 de bandera)	3	8,25

52

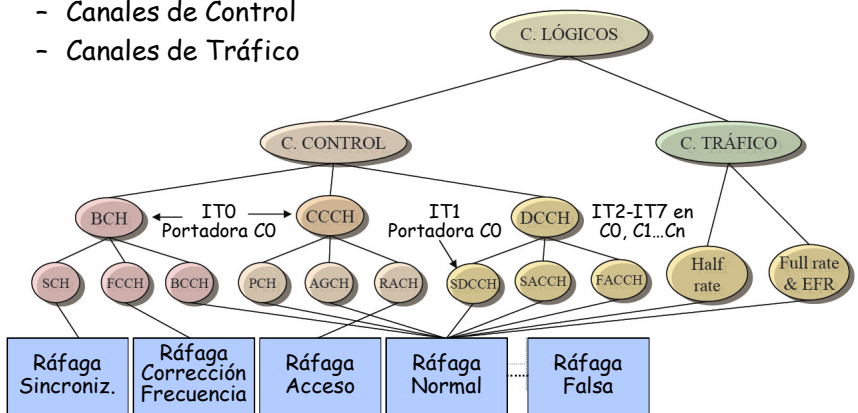
Departamento de Telemática

Canales Lógicos Usuario-Red

Tipos de canales lógicos

Los canales físicos se utilizan para transportar canales lógicos:

- Canales de Control
- Canales de Tráfico



(Herradón, 2007)

53

Canales Lógicos Usuario-Red

Departamento de Telemática

Broadcast Control Channels (BCH)

Punto a multipunto
Unidireccionales (hacia abajo: BTS a MS)

- **Synchronisation Channel (SCH):** usado para identificar la BTS y para sincronización de trama.
- **Frequency Correction Channel (FCCH):** ráfaga de datos en el ITO repetida cada 10 tramas. Usado para enganche y corrección de frecuencia en MS.
- **Broadcast Control Channel (BCCH):** envía la identidad de la celda y del área (LAI), las características de operación de la celda, y la lista de celdas vecinas.

```

graph TD
    C[C. CONTROL] --- BCH
    C --- CCCH
    C --- DCCH
    BCH --- SCH
    BCH --- FCCH
    BCH --- BCCH
    CCCH --- PCH
    CCCH --- AGCH
    CCCH --- RACH
    DCCH --- SDCCH
    DCCH --- SACCH
    DCCH --- FACCH
  
```

54

Canales Lógicos Usuario-Red

Departamento de Telemática

Common Control Channels (CCCH)

Punto a multipunto
Establecimiento y gestión de llamadas

- **Paging Channel (PCH):** canal de aviso. Envía mensajes a todas las MS, que escuchan para saber si tienen una petición de llamada.
- **Random Access Channel (RACH):** sólo se transmite hacia arriba (MS a BTS). Usado para solicitar una llamada o responder a una alerta en PCH.
- **Access Grant Channel (AGCH):** da instrucciones a la MS para operar en un canal físico particular. Es usado por BTS para responder un mensaje RACH.

```

graph TD
    ITO[ITO Portadora CO] --- BCH
    ITO --- CCCH
    ITO --- DCCH
    BCH --- SCH
    BCH --- FCCH
    BCH --- BCCH
    CCCH --- PCH
    CCCH --- AGCH
    CCCH --- RACH
    DCCH --- SDCCH
    DCCH --- SACCH
    DCCH --- FACCH
  
```

55

Departamento de Telemática

Canales Lógicos Usuario-Red

Dedicated Control Channels (DCCH)

Punto a punto
Bidireccionales
Señalización usuario-red

- **Stand-Alone Dedicated Control (SDCCH):** Transporta señalización (mensajes de autenticación y alerta) antes de la asignación de un canal de tráfico.
- **Slow Associated Control (SACCH):** siempre está asociado al canal de tráfico asignado a la MS. BTS envía instrucciones sobre la potencia de Tx y temporiz. MS envía información sobre calidad del canal.
- **Fast Associated Control (FACCH):** transporta mensajes urgentes, como la solicitud de cambio de canal (handover)

56

Departamento de Telemática


Gestión de Localización

Áreas geográficas de la red GSM

- Área manejada por un operador
- Grupo de LA manejadas por un MSC/VLR
- LA: Grupo de celdas manejadas por uno o varios BSC
- Área de cobertura de radio de una BTS

PLMN: Public Land Mobile Network

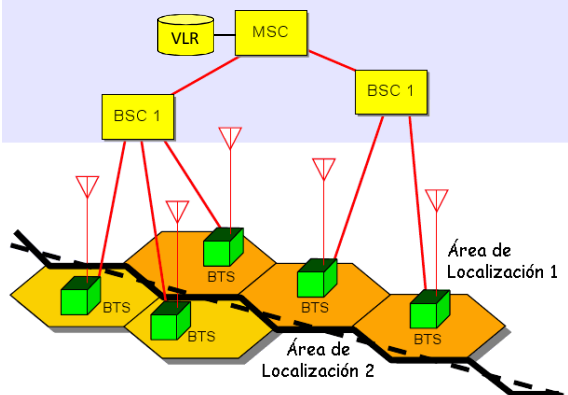
57


Departamento de
Telemática

Gestión de Localización


Áreas de Localización (LA)

Es la unidad básica para el seguimiento de la localización de un móvil (se guarda en HLR)
Cada LA tiene un identificador único (LAI)



(Kavak, 2008)

58


Departamento de
Telemática

Gestión de Localización

Términos claves

- Mobile Subscriber ISDN (MSISDN)
- Mobile Station Roaming Number (MSRN)
- International Mobile Subscriber Identity (IMSI)
- Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI)
- International Mobile Equipment Identity (IMEI)
- Location Area Identity (LAI)
- Cell Global Identity (CAI)

59

Departamento de Telemática

Gestión de Localización

Términos claves

- **Mobile Station Roaming Number (MSRN)**
Número RDSI asignado temporalmente por el VLR para la terminación de llamadas (el número de abonado efectivo). Tiene la misma estructura que el MSISDN: CC+NDC+SN
- **Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI)**
Alias del IMSI generado por el VLR por razones de seguridad (reducir el envío de IMSI) para uso local, cuando la MS se enciende. Se actualiza cuando la MS cambia de área geográfica.
- **Location Area Identity (LAI)**
LAI= MCC + MNC + LAC (Location Area Code)
- **Cell Global Identity (CAI)**
CGI= LAI + CI (Cell Identity) MCC: Mobile Country Code
MNC: Mobile Network Code

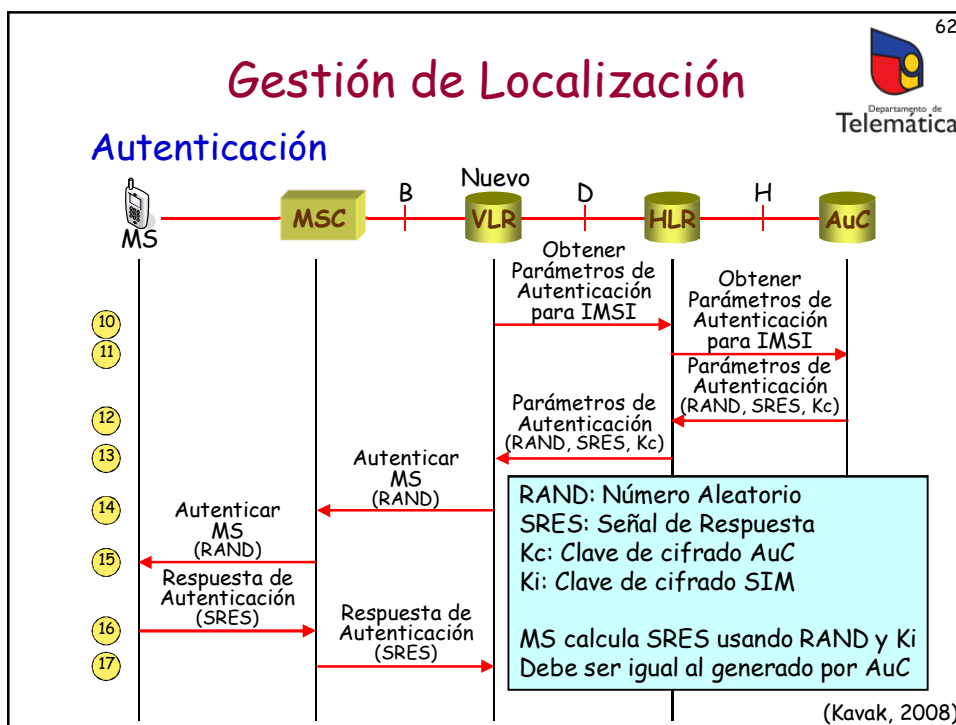
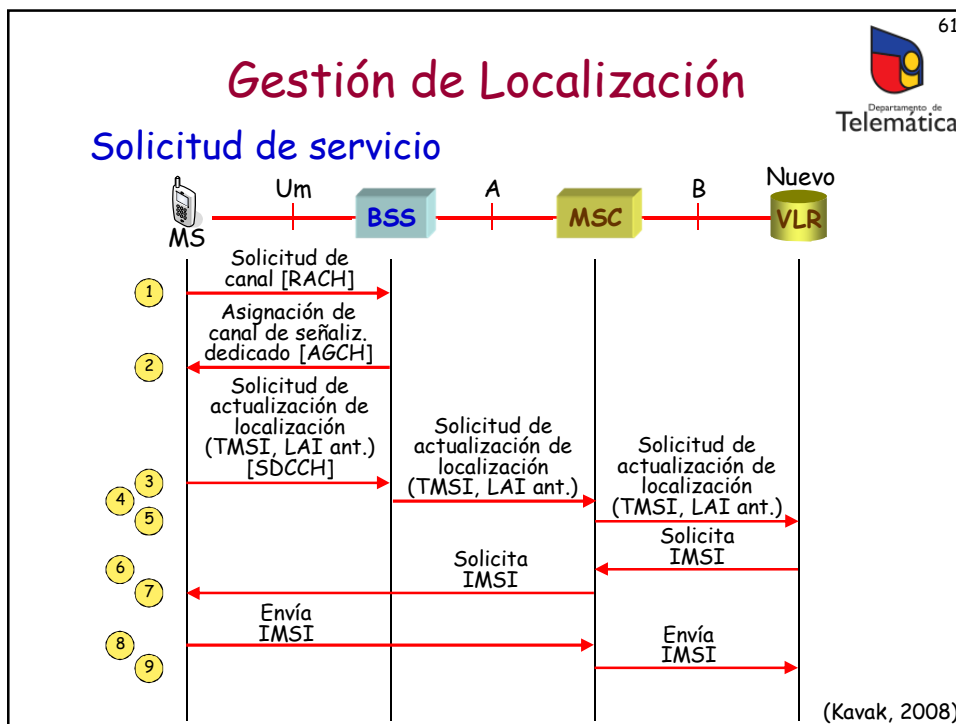
60

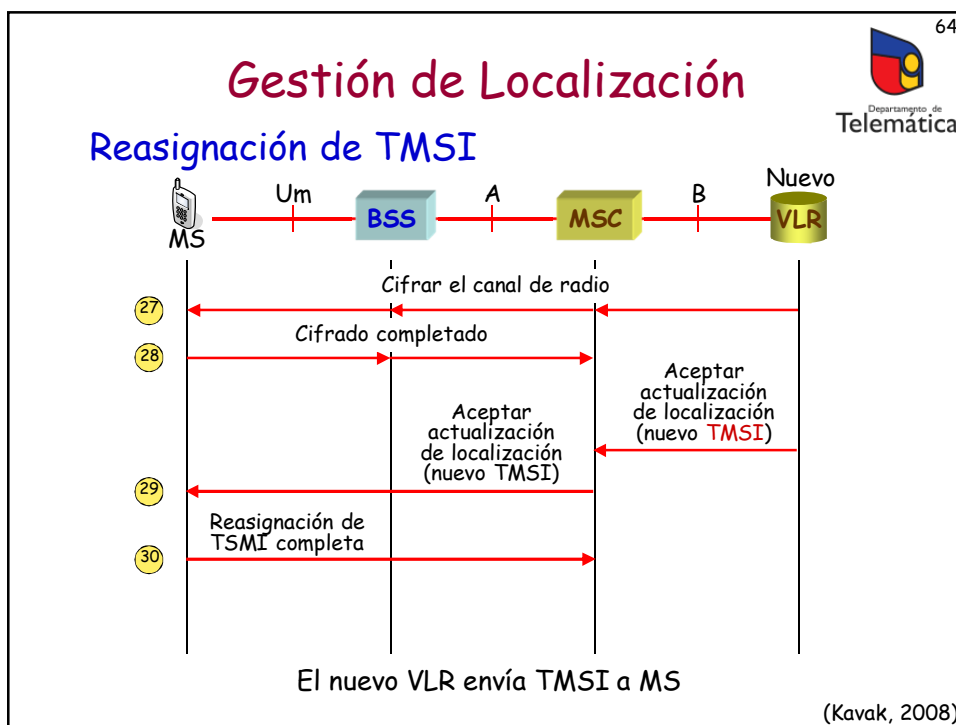
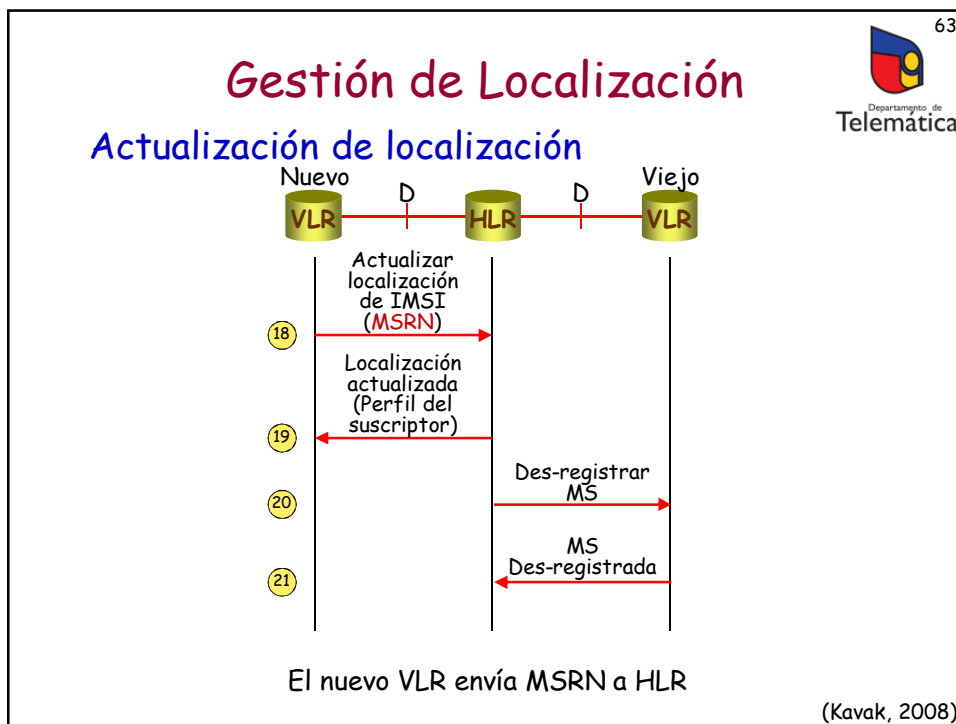
Departamento de Telemática

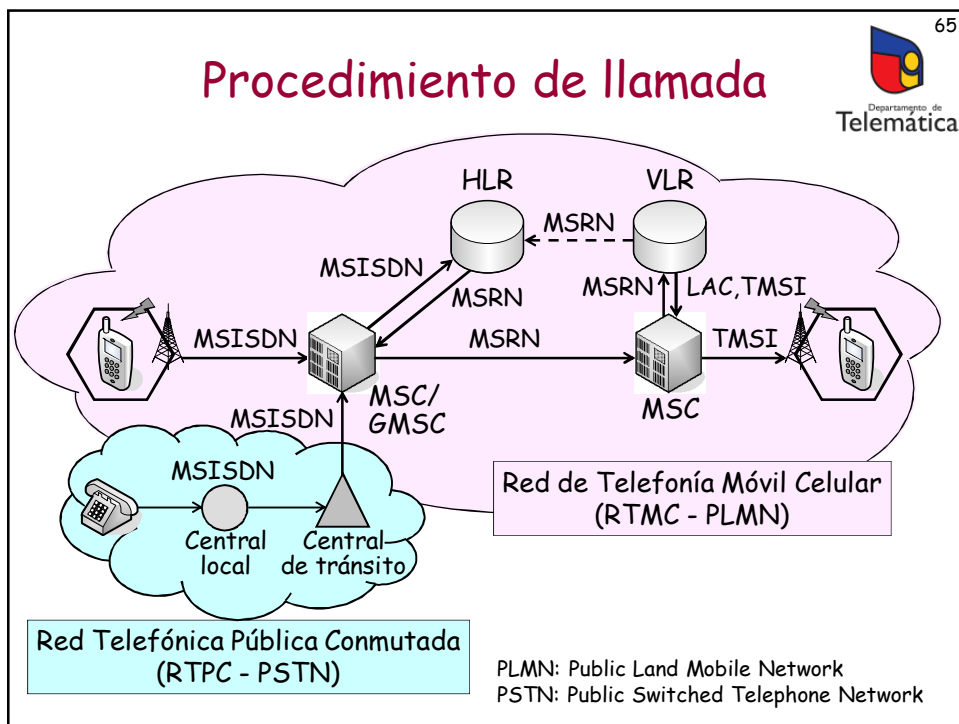
Gestión de Localización

Registro

- El usuario enciende la MS
- MS selecciona la portadora de mejor intensidad
- MS se sincroniza con BTS usando FCCH y SCH
- MS obtiene de BCCH la identidad del Área de Localización (LAI)
- Si LAI es distinta de la anterior (en la SIM), inicia proceso de actualización







66

Departamento de Telemática

Servicios

Teleservicios

- Telefonía regular
- Llamadas de emergencia
- Mensajes de voz (buzón)
- Facsímil Grupo 3
- Videotex, Teletex

Servicios Portadores

- Datos (300 bps-9,6 Kbps)
- Mensajes de texto (160 car.) (SMS, Short Message Service)
- Difusión en la celda (mensajes de hasta 93 car.)



Servicios Suplementarios

- Aviso de tarificación
- Prohibición de llamadas salientes, intnales., itinerantes
- Desvío de llamadas
- Presentación/restricción de número A
- Identificación de llamadas maliciosas
- Conferencia tripartita
- ...



67

Departamento de Telemática

Temario

- **Introducción**
- **GSM (Global System for Mobile Communications)**
- **GPRS (General Packet Radio Service)**
 - Generalidades
 - Arquitectura
 - Servicios
- **3G (UMTS) y evolución a 4G**

Álvaro Rendón G.


68

Departamento de Telemática

Introducción

- Los usuarios desean transmitir algo más que voz (2G).
- Surgen diversas tecnologías para transmisión de datos en redes móviles, que marcan el camino hacia 3G:
redes 2.5 G

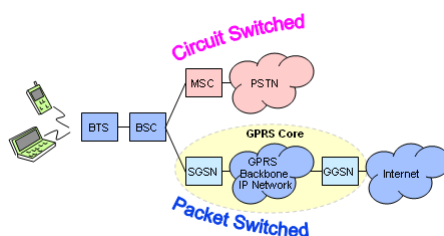
<http://computer.yourdictionary.com/gsm>



Introducción

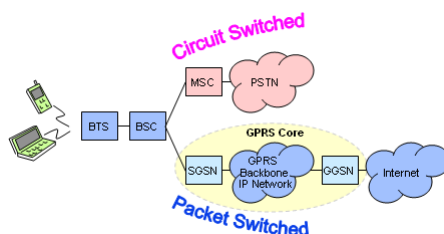
Compromisos:

- Envío y recepción de datos desde y hacia redes multiprotocolo
- Empleo de la infraestructura celular existente. Movilidad
- Mayor cobertura
- No interferencia con el servicio de voz



General Packet Radio Service (GPRS)

- Estándar del Instituto Europeo de Estándares en Telecomunicaciones (ETSI)
- Red superpuesta a las redes GSM e IS-136 (TDMA)
- Se actualizan algunos nodos de las redes GSM/TDMA para prestar el servicio
- La interfaz aérea es de paquetes de datos
- El núcleo de la red es IP



General Packet Radio Service (GPRS)



71

Velocidad

- La velocidad de un canal (intervalo TDMA) depende del esquema de codificación (CS):
 - CS-1: 8 Kbps, es el más robusto
 - CS-2: 12 Kbps
 - CS-3: 14,4 Kbps
 - CS-4: 20 Kbps, es el menos robusto
- Se pueden combinar hasta ocho canales para mejorar la velocidad: 160 Kbps

General Packet Radio Service (GPRS)



72

Modos de operación

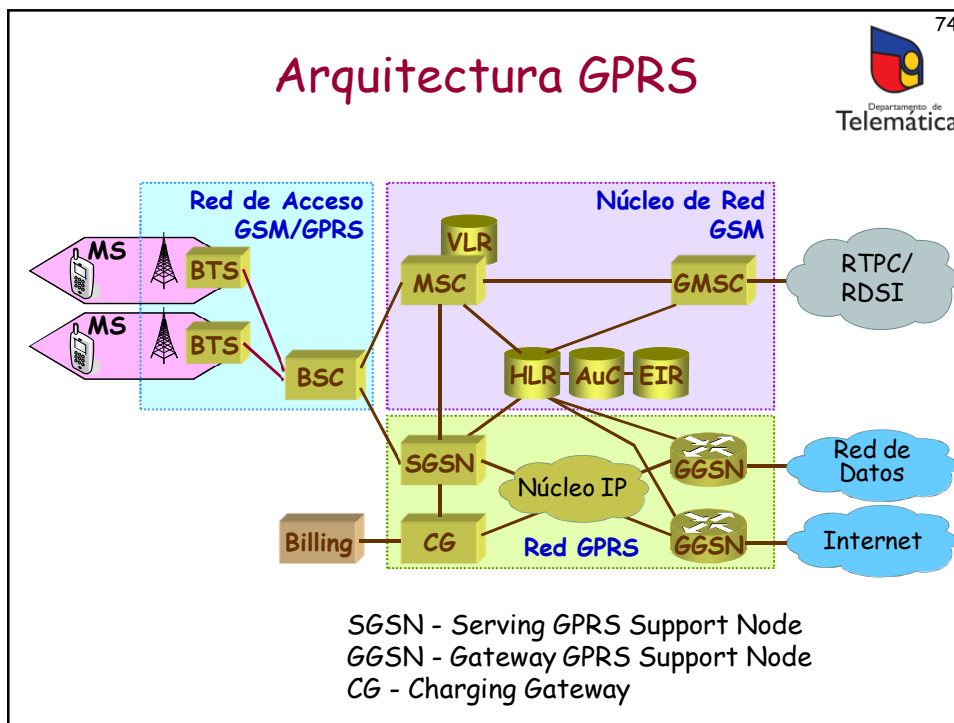
- **Clase A:** El terminal recibe servicio GSM (voz o SMS) y GPRS (datos) de manera simultánea.
- **Clase B:** El terminal puede estar registrado simultáneamente en las redes GSM y GPRS, pero solo puede tener activa una conexión al tiempo. El servicio GSM tiene prioridad sobre GPRS.
- **Clase C:** El terminal solo puede estar registrado a una de las redes. Normalmente son modems GPRS.



73

Actualización de la red GSM

Elemento de red GSM	Modificación o actualización para GPRS
Terminal de usuario	Se requiere un terminal totalmente nuevo para acceder a los servicios GPRS, compatibles con GSM para llamadas de voz.
BTS	Se requiere una actualización de software.
BSC	Se requiere una actualización de software, así como también de un nuevo equipo llamado PCU (Packet Control Unit) para dirigir el tráfico de datos hacia la red GPRS.
Núcleo de la red	Se requiere la instalación de nuevos elementos de núcleo de red llamados SGSN (Serving GPRS Support Node) y GGSN (Gateway GPRS Support Node).
Bases de datos (VLR, HLR y otras)	Todas requerirán actualizaciones para encargarse del nuevo modelo de llamadas y funciones introducidas por GPRS.



75

Departamento de Telemática

Arquitectura GPRS

SGSN: Serving GPRS Support Node

Es el enlace con la red GSM

Envía y recibe los paquetes de datos de las estaciones móviles y gestiona las siguientes funciones con el soporte de las bases de datos de GSM (HLR, VLR, EIR, AuC):

- Autenticación
- Registro
- Control de acceso
- Movilidad
- Recolección de info. para tasación del uso de la interfaz aérea

76

Departamento de Telemática

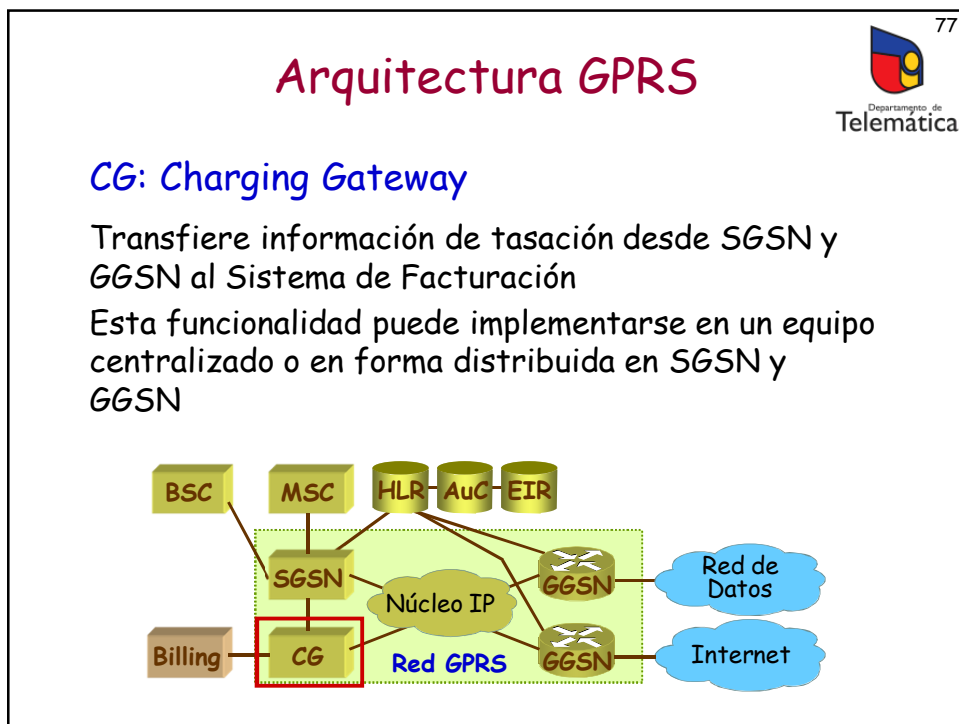
Arquitectura GPRS

GGSN: Gateway GPRS Support Node

Es el enlace con las redes de datos (enrutador)

Contiene la información de enrutamiento de las estaciones móviles registradas.

Recoge información para tasación del uso de redes de datos externas



79


Departamento de
Telemática

Servicios

Cajeros Automáticos



Datáfonos inalámbricos




Telemetría





80



Departamento de
Telemática

Temario

- **Introducción**
- **GSM** (Global System for Mobile Communications)
- **GPRS** (General Packet Radio Service)
- **3G (UMTS) y evolución a 4G**
 - Tercera Generación
 - UMTS (3 G)
 - LTE (pre-4 G)

Álvaro Rendón G.

81



Departamento de Telemática


Tercera Generación

Limitaciones de 2G

- Centrada en la voz
 - Diseñada para aplicaciones de telefonía
 - Esquema de conmutación de circuitos
 - BER (Bit Error Rate) alto
 - Baja velocidad de datos ($\leq 14,4$ Kbps)
- Demasiados estándares en el mundo
 - GSM, CDMA, PDC (Japón), PHS (Japón, China), ...
- Redes aisladas
 - Basadas en señalización MAP/SS7
 - Basadas en señalización IS-41/SS7
 - Dificultad para hacer itinerancia entre estas redes

(Aziz et al., 2006)

82




Departamento de Telemática

Tercera Generación


Acciones iniciales:

- Desde 1985 se establecieron en la UIT grupos de trabajo para buscar solución a estas limitaciones
- La UIT impulsó un proyecto de amplia cooperación internacional conocido como **IMT-2000** o **Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000**, más adelante también conocidos como **Sistemas Móviles de Tercera Generación** o **3G**




83

Tercera Generación


 Departamento de
 Telemática

Aspectos claves:

- Alto grado de **uniformidad** de diseño a escala **mundial**
- Itinerancia (roaming) **mundial**
- Capacidad para aplicaciones **multimedia** y una amplia gama de servicios y terminales (ej. video y teleconferencia, Internet de alta velocidad, voz y datos de alta velocidad, datos hasta 2 Mbps)



84

Tercera Generación


 Departamento de
 Telemática

Qué es 3G?

- Es la tercera generación de tecnologías para redes móviles, que sustituye a 2.5 G
- Permite a los operadores ofrecer servicios como **telefonía inalámbrica, videollamadas y datos inalámbricos de banda ancha** en un entorno móvil
- Provee velocidades de datos **de canal** de hasta 14,4 Mbps de bajada y 5,8 Mbps de subida
- Basada en la familia de estándares IMT-2000 de UIT
- **3GPP (3rd Generation Partnership Project)** continuó el trabajo definiendo un sistema que cumple el estándar: **UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)**


 A GLOBAL INITIATIVE
 (Aziz et al., 2006)



Tercera Generación



85

3GPP (3rd Generation Partnership Project)

Acuerdo de colaboración entre organismos de estandarización de telecomunicaciones:

- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS) (USA)
- Association of Radio Industries and Businesses/ Telecommunication Technology Committee (ARIB/TTC) (Japón)
- Telecommunication Technology Committee (TTC) (Japón)
- China Communications Standards Association (CCSA)
- Telecommunications Technology Association (TTA) (Corea del Sur)

Establecido en 1998 para producir especificaciones técnicas para sistemas 3G basados en IMT-2000.

En la actualidad trabaja en sistemas 4G.

Sus estándares se estructuran como Entregas (**Releases**)

Tercera Generación




86

Visión de 3G

- Espectro común en todo el mundo:
1.920-1.980 MHz y 2.110-2.170 MHz
- Amplia gama de nuevos servicios
- Centrado en los datos (como Internet) y orientado a multimedia
- Velocidades de datos de hasta 2 Mbps
- Itinerancia (roaming) global transparente
- Seguridad y rendimiento mejorados
- Soporte a una variedad de terminales (de PDA a PC de escritorio)
- Uso intensivo de tecnologías de Red Inteligente

(Aziz et al., 2006)

87



Departamento de
Telemática

Tercera Generación

Requisitos de transmisión de datos:

Fuente: Adaptado de UWCC

Velocidad de datos ambiente móvil	Macrocelda: muy alta velocidad (<500 km/h), exteriores	144 Kbps
Velocidad de datos caminando	Macro/microcelda: velocidad de peatón o moderada (<120 km/h), exteriores	384 Kbps
Velocidad de datos ambiente interior	Picocelda: exteriores o interiores, alcance corto	2 Mbps



88


Departamento de
Telemática

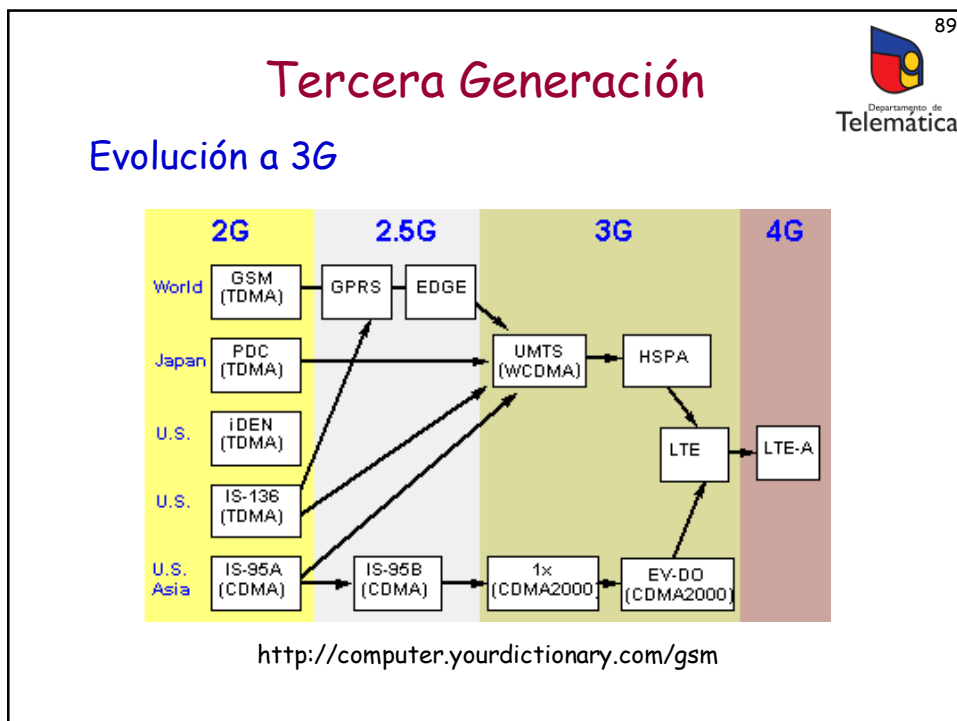
Tercera Generación

Aplicaciones

- Para el consumidor
 - Flujos de video, estaciones de TV
 - Videollamadas, videoclips: noticias, música, deportes
 - Juegos mejorados, chat, servicios de localización
- Para los negocios
 - Teletrabajo a alta velocidad, acceso VPN
 - Automatización de la fuerza de ventas
 - Videoconferencia
 - Información financiera en tiempo real



(Aziz et al., 2006)



90

Departamento de Telemática

Tercera Generación

EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution)

Básicamente es una actualización para las redes GSM/GPRS e IS-136/GPRS que opera sobre el mismo espectro

Está basado en la misma técnica de acceso (TDMA) y realiza procesos adicionales para optimizar la utilización del espectro y permitir tasas de transferencia de datos más altas: 384 Kbps

Tercera Generación

CDMA2000 (1X)

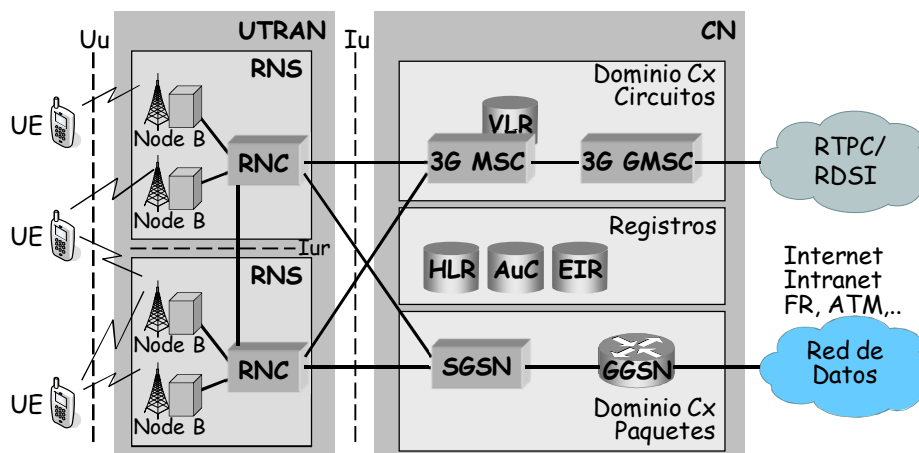
- Primera evolución de CDMA.
- Trabaja sobre el mismo espectro de CDMAOne (1.25 MHz).
- Permite obtener velocidades de hasta 144 Kbps.

UMTS

- Utiliza WCDMA en la interfaz aérea
- Especificado por 3GPP bajo el estándar IMT-2000
- Basado en los conceptos de GSM/EDGE
- Utiliza un espectro de 5 MHz (4 veces el de CDMA2000 y 24 veces el de GSM)


UMTS (3G)

Universal Mobile Telecommunications System Arquitectura de la Red



UTRAN: Universal Terrestrial Radio Access Network CN: Core Network
 RNS: Radio Network Subsystem RNC: Radio Network Controller

93



 Departamento de Telemática

UMTS (3G)

Dos componentes fundamentales:

- **Red de acceso (UTRAN - Universal Terrestrial Radio Access Network):**
 Establece las conexiones entre las estaciones móviles y el resto de la red. Se compone de:
 - RNC (Radio Network Controller): Su función básica es controlar los recursos de radio: asignar frecuencias, controlar los niveles de potencia, gestión de códigos.
 - BTS node: Sirve una celda específica y es controlado por RNC
- **Núcleo de la red (Core Network):**
 En líneas generales, mantiene la estructura de una red núcleo GSM con capacidades GPRS. Por lo tanto, es una red habilitada para servicios de voz y datos.

94


 Departamento de Telemática

Evolución de 3GPP

2G	Phase 1 (1992) a Release 96 (1997): GSM
2.5G	Rel. 97 (1998): GPRS Rel. 98 (1998): EDGE
3G	Rel. 99 (2000): UMTS/WCDMA
3.5G	Rel. 5 (2002): HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) Rel. 6 (2005): HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) Rel. 7 (2007): IMS (IP Multimedia Subsystem) MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)
4G	Rel. 8 (2008): LTE (Long Term Evolution) Rel. 9 (2009): Interoperabilidad LTE/WiMAX
4G	Rel. 10 (2011): LTE Avanzada

LTE (pre-4 G)

Long Term Evolution

- Es la **evolución** de 3G (UMTS) hacia 4G
- El 3GPP empezó a trabajar en LTE en 2004
- Fue estandarizada en la Release 8 (2008)
- Aunque se promociona como 4G, no cumple los requerimientos establecidos por la UIT-R (IMT Avanzada):
 - Velocidad pico de datos de hasta 1 Gbps
 - Funcionalidad e itinerancia (roaming) a nivel mundial (y entre redes de distinto tipo)
 - Compatibilidad de servicios
 - Interfuncionamiento con otros sistemas de acceso por radio (e.g. WiMAX)

(1) <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=study-groups&rlink=rsg5-imt-advanced&lang=es>

LTE (pre-4 G)

Características

- Velocidad pico de datos
 - 100/50 Mbps DL/UL (ancho de banda de 20 MHz)
- Hasta 200 usuarios activos en una celda (5 MHz)
- Latencia en el plano de usuario de menos de 5 ms
- Optimizado para el dominio de datos por paquetes, soportando VoIP
- Movilidad (handover)
 - Optimizada para 0 - 15 Km/h
 - 15 - 120 Km/h soportada con alto rendimiento
 - Soportado hasta 350 Km/h
- Flexibilidad del espectro: 1,25 - 20 MHz
- Soporte mejorado para QoS terminal a terminal
- Celdas de hasta 100 Km

DL: Downlink
UL: Uplink

(Myung, 2008)

97

Departamento de Telemática

LTE (pre-4 G)

Tecnologías habilitantes

- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing): Usado en enlaces de bajada
- SC-FDMA (Single Carrier FDMA): Enlaces de subida
- Antenas MIMO (Multi-Input Multi-Output)
- Ecuación en el dominio de la frecuencia
- Planificación de recursos multiportadora dependiente de canal
- Reuso fraccional de frecuencias

(Myung, 2008)

98

Departamento de Telemática

LTE (pre-4 G)

Arquitectura de la red

Aplanada (RNC en eNB), completamente IP

UMTS

Circuit Core Packet Core

MSC GGSN

SGSN

RNC RNC

NB NB NB NB

UTRAN

LTE

EPC

MME MME

S-GW/P-GW S-GW/P-GW

S1

eNB eNB eNB

X2

E-UTRAN

➔

MME: Mobility Management Entity S-GW: Serving Gateway P-GW: Packet GW
 EPC: Evolved PC E-UTRAN: Evolved UTRAN e-NB: E-UTRAN Node-B (BTS)

99

Departamento de Telemática

LTE (pre-4 G)

Arquitectura de la red

La evolución de UMTS se da en dos partes

- **En el Núcleo de la Red.** Responde al avance mundial hacia las aplicaciones de **paquetes de datos** (Internet) EPC soporta la **convergencia** de servicios basados en paquetes de tiempo real (VoIP) y no tiempo real
- **En la Red de Acceso.** Responde a las necesidades de **mayor ancho de banda inalámbrico** E-UTRAN ofrece alta velocidad, baja latencia y un acceso de radio optimizado para paquetes

Vocabulario de 3GPP:
 E-UTRAN es referido como LTE (Long Term Evolution)
 EPC es referido como SAE (System Architecture Evolution)
 La evolución de UMTS es referida como EPS (Evolved Packet System)

(Lescuyer and Lucidarme, 2008)

100

Departamento de Telemática

LTE (pre-4 G)


Arquitectura de la red

The diagram illustrates the network architecture. On the left, GSM and UMTS networks connect to the GERAN and UTRAN radio access networks, respectively. These connect to the SGSN (Serving GPRS Support Node). The E-UTRAN (Evolved UTRAN) consists of eNode B base stations and User Equipment (UE). The EPC (Evolved Packet Core) core network includes the MME (Mobility Management Entity), HSS (Home Subscriber Server), PCRF (Policy and Charging Rules Function), SGW (Serving Gateway), and PGW (PDN Gateway). The PGW connects to the Internet, IMS, and Corporate Networks (Red IP).

GERAN: GSM EDGE Radio Access Network
 SGSN: Serving GPRS Support Node

MME: Mobility Management Entity
S-GW: Serving Gateway (3GPP Anchor)
P-GW: Packet Data Network Gateway (SAE Anchor)
HSS: Home Subscriber Server
PCRF: Policy and Charging Rules Function

101



Departamento de
Telemática


LTE (pre-4 G)

Arquitectura de la red

- **MME (Mobility Management Entity).** Gestiona:
 - Procedimientos de seguridad (autenticación y cifrado)
 - Sesión Terminal-Red (establ. de conexiones y QoS)
 - Movilidad (localización del terminal)
- **S-GW (Serving Gateway).** Terminación de la interfaz de paquetes de datos hacia E-UTRAN. Ancla el plano de usuario para movilidad entre el acceso LTE y los accesos 2G/3G.
- **P-GW (Packet Data Network Gateway).** Terminación de la interfaz de paquetes de datos hacia Redes de Paquetes de Datos. Ancla el plano de usuario para movilidad entre los accesos de sistemas 3GPP y los accesos de sistemas no 3GPP.
- **HSS (Home Subscriber Server).** Conjuga HLR y AuC.
- **PCRF (Policy and Charging Rules Function).** Gestiona las reglas para determinar el acceso y uso de los recursos por el usuario, y su facturación.

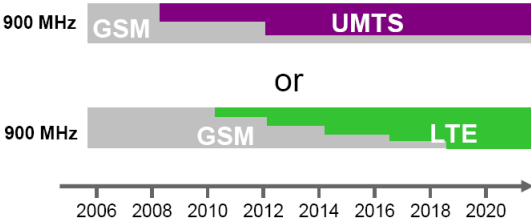
(Lescuyer and Lucidarme, 2008)

102



Departamento de
Telemática

UMTS o LTE?



900 MHz

GSM UMTS

OR

900 MHz

GSM LTE

2006 2008 2010 2012 2014 2016 2018 2020

Bibliografía

- B. Walke, R. Seidenberg and M. P. Althoff (2003). "UMTS: The Fundamentals". Ch. 4 "UMTS System Architecture". John Wiley & Sons, Chichester, U. K.
- Z. Aziz, S. Hussain, K. Kumar (2006). "3G And Beyond". Regional Telecom Training Centre Rajpura (RTTC), Rajpura, India.
- J. Eberspächer, H.-J. Vögel, C. Bettstetter, C. Hartmann (2009). "GSM: architecture, protocols and services", 3rd Ed., John Wiley & Sons, Chichester, U. K.
- GSMA (2010). "GSM World Coverage". GSM Association & Europa Technologies Ltd. http://www.coveragemaps.com/gsmposter_world.htm
- GSMA (2011). "Market Data Summary". GSM World. http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market_data_summary.htm
- R. Herradón (2007). "Comunicaciones Móviles. GSM". OpenCourseWare de la Universidad Politécnica de Madrid. <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales>
- J. A. Hurtado y F. O. Martínez (2010). "Redes Móviles". Transparencias. Universidad del Cauca.
- A. Kavak (2008). "Mobility Management, Call Routing & Security". GSM Systems, Lecture 5, Kocaeli University, Izmit, Turkey.
- P. Lescuyer and T. Lucidarme (2008). "Evolved Packet System (EPS): The LTE and SAE Evolution on 3G UMTS". John Wiley & Sons, Chichester, U. K.
- H. G. Myung (2008). "Technical Overview of 3GPP LTE". <http://www.scribd.com/doc/5539254/3gpp-LTE-Overview>

Álvaro Rendón G.