

Introducción al GSM.

Evolución de los Sistemas Móviles Conceptos Básicos GSM

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

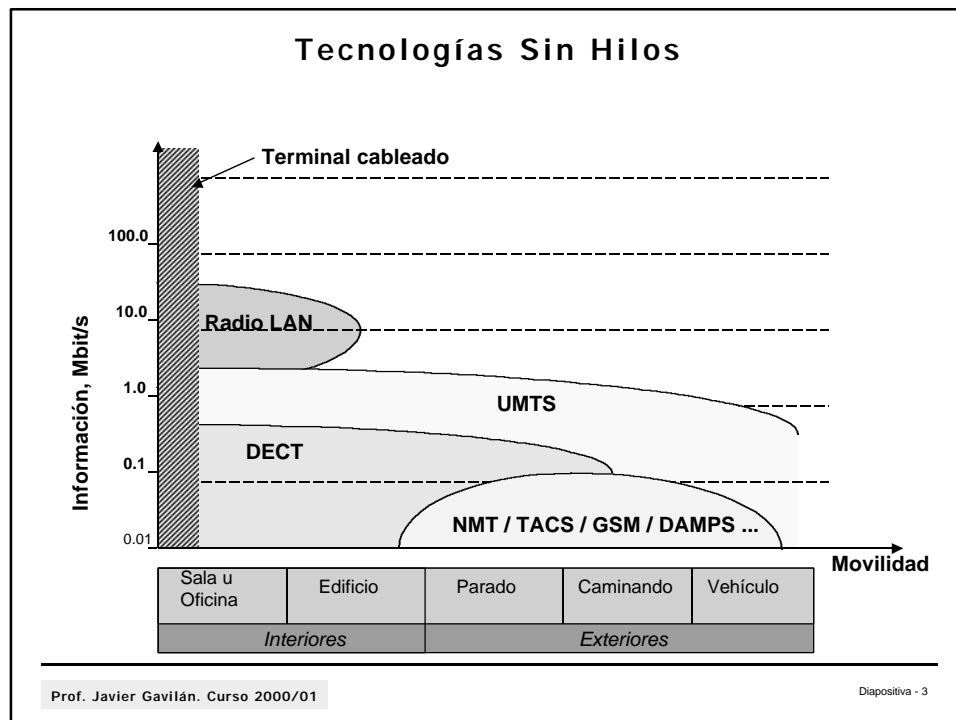
Diapositiva - 1

Evolución de las Comunicaciones Móviles

- **Telefonía Móvil- 1982 ... 1992**
 - Sólo voz y de baja calidad
- **Telefonía Móvil Digital- 1992 ... 1998**
 - Ancho de banda <10 kbit/s (datos)
 - Cobertura y buena calidad de la voz
- **Diferenciación en uso de voz-1998...1999**
 - Ancho de banda < 64 kbit/s
 - Incremento de la capacidad. Reducción de tarifas
 - Primeros servicios de valor añadido, SMS
- **Internet sin hilos- 2000...2001**
 - Ancho de banda < 115 kbit/s
 - Convergencia, oficina móvil
 - WWW móvil (WAP), Bluetooth, e-commerce, etc.
- **Multimedia MÓVIL- 2002 ...**
 - Ancho de banda hasta 2 Mbit/s
 - Internet en tiempo real, Vídeo móvil
 - Servicios localizados/personalizados multimedia

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 2



Estándares Analógicos (FDMA/FDD)

- NMT 450 y NMT 900: Emplean las bandas 450 MHz y 900 MHz
 - Estándar especificado Administraciones de Telecomunicaciones de los países nórdicos.
- TACS y E-TACS: Especificado por el CRAG (Cellular Radio Advisory Group) en el Reino Unido en 1985. Emplean la banda de 900 MHz. Uso principal en Europa.
- AMPS: Especificado por la "Telecommunication Industry Association" en USA. Banda de 800 MHz. Se usa en toda América, costa asiática del Pacífico y Este de Europa.

... Destinados a desaparecer.

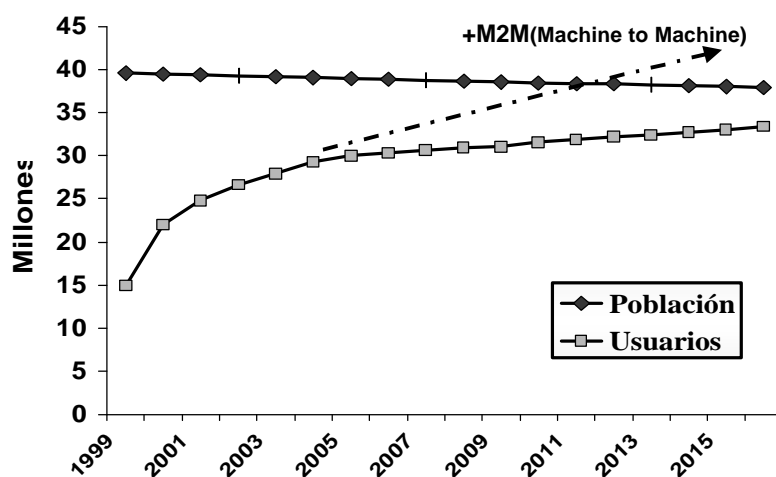
Estándares digitales (TDMA/FDD)

- GSM: Especificado por el CEPT (ahora ETSI) en 1982 y lanzado comercialmente en 1992. Emplea la banda de 900 MHz. Se utiliza en casi todo el mundo.
 - Para incrementar la capacidad de la red GSM se ha especificado el sistema DCS 1800 (mismas características del GSM) en la banda 1800 MHz.
- D-AMPS (TDMA o IS-136): Para el mercado EEUU. Comparte la misma banda de su equivalente analógico (824-894 MHz).
- CDMA ONE (IS-95): Para el mercado de EEUU. Tecnología desarrollada por Qualcomm.
- PDC: Para el mercado japonés, especificado por NTT.

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 5

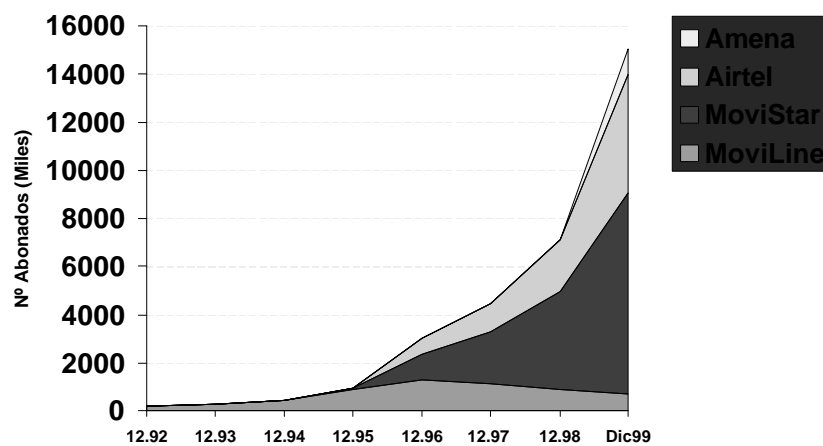
Población y Usuarios Móviles en España



Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 6

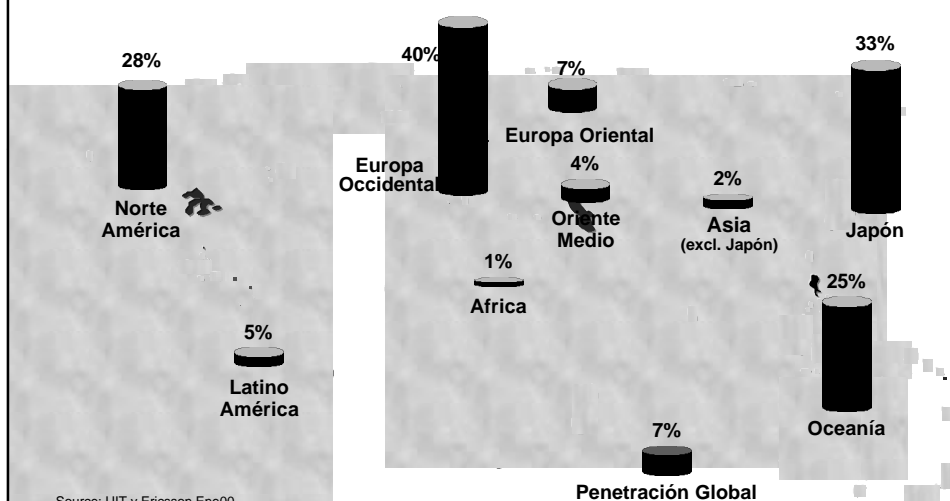
Evolución de la Telefonía Móvil en España



Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 7

Penetración Telefonía Móvil en el Mundo

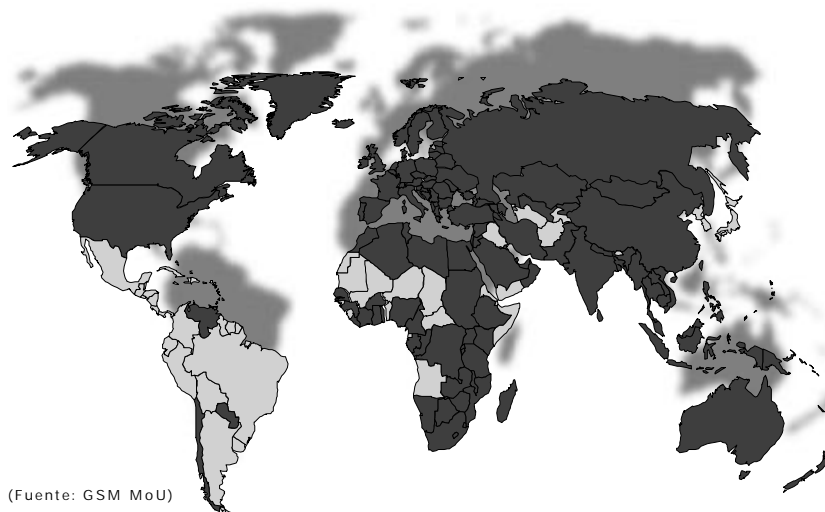


Source: UIT y Ericsson Ene00

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 8

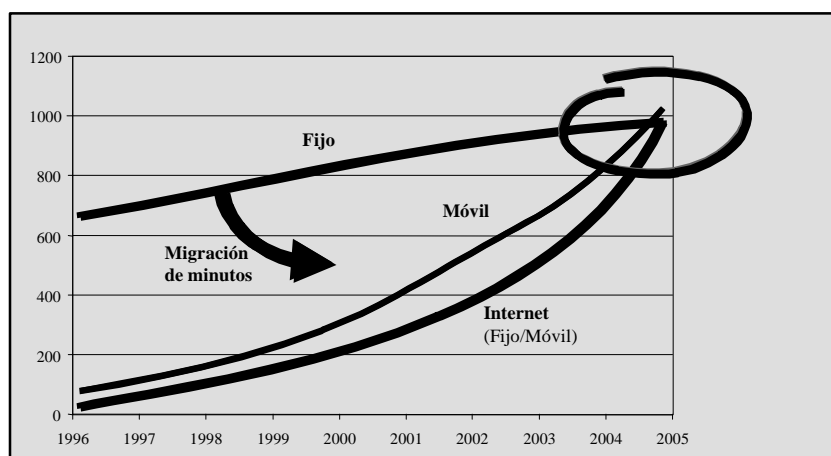
Países que han adoptado GSM



Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 9

Crecimiento de Usuarios (Millones)

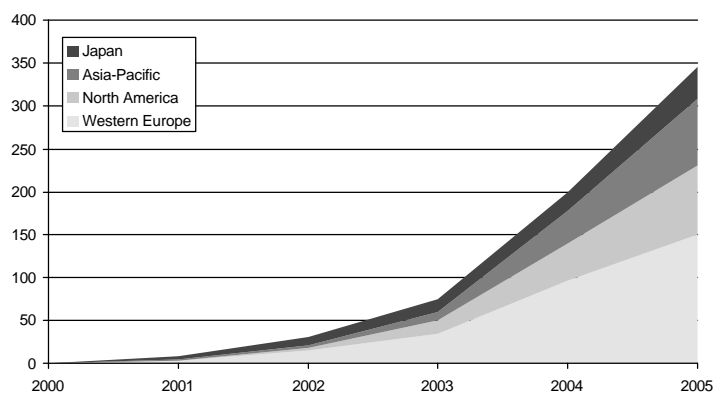


Fuente: Ericsson

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 10

Acceso Móvil a Internet (Millones de usuarios)



Fuente: Ericsson

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 11

Sistema GSM

Introducción

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 12

Características Generales

- **Voz y Datos Integrados**
- **Sistema Digital**
- **Seguridad Mejorada**
- **Red Paneuropea**
- **Funciones Radio Avanzadas**
- **Nuevos Servicios**

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 13

Seguridad Mejorada

- **Cifrado.**
 - En el enlace radio, para asegurar privacidad
- **Autenticación**
 - Autenticación de llamadas
 - Comprobación de validación y uso no autorizado de un terminal.
- **Utilización de Algoritmos de Cifrado y Identificadores y Claves:**
 - IMSI (International Mobile Subscriber Identity)
 - TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity)
 - Clave de Usuario

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 14

Funciones Radio Avanzadas

- **Utilización de Funciones Radio Avanzadas, para mejorar las prestaciones**
 - **Transmisión Discontinua (DTX)**
 - ❑ Protocolo VAD (Voice Activity Detection)
 - ❑ Prolongar la duración de las baterías
 - ❑ Reducción de las interferencias
 - **Frequency Hopping**
 - ❑ Cambio periódico del intervalo tiempo/frecuencia (217 cambio por segundo).
 - ❑ Evitar efecto multitrayecto

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 15

Servicios

- **Telefonía**
- **Servicios de Datos (básicos)**
 - Velocidades estándar hasta 9.6 Kbps
 - Síncrono y asíncrono.
 - Modos Transparente y No Transparente
 - BER entre 10^{-6} y 10^{-8}
- **Fax Grupo III**
- **Servicios de Mensajes Cortos**
- **Servicios Suplementarios**

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 16

Servicios Suplementarios

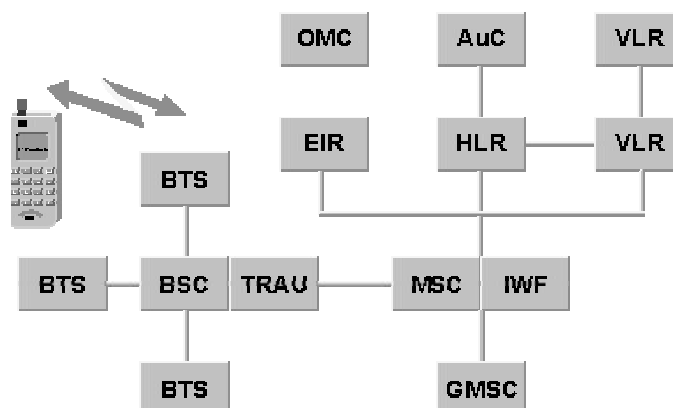
- **Desvío de Llamadas**
 - Incondicional
 - Ocupado
 - Sin Respuesta
 - Sin Cobertura
- **Prohibición de Llamadas**
 - Salientes
 - Salientes Internacionales
 - Salientes Internacionales excepto al país de origen
 - Entrantes
 - Entrantes al relocalizar en el extranjero
- **Llamada en Espera**
- **Retención de Llamadas**
- **Conferencias a tres**
- **Informe de Coste**
- **Identificación de Número**

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 17

Visión General del Sistema

- **Arquitectura del Sistema**



Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 18

Elementos del Sistema

- **MS (Mobile Station)**
 - Terminal Móvil / Usuario. Se comunica con la red móvil a través del interfaz aire (Um).
- **BTS (Base Transceiver Station)**
 - Contiene los transceptores (TRX) que cubren una cierta área geográfica (celda).
- **BSC (Base Station Controller)**
 - Agrupa un conjunto de BTS, que junto con la BSC que las controla se denomina BSS (Base Station Subsystem)
 - Se introduce para eliminar complejidad de la BTS y extraer de la MSC las funciones del control radio.
 - También se encarga de la concentración de tráfico.

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 19

Elementos del Sistema (2)

- **MSC (Mobile Switching Centre)**
 - Agrupa a un conjunto de BSS, cubriendo una amplia zona geográfica.
 - Es similar a una central de conmutación de la red fija, pero con funcionalidades propias de la red móvil.
- **Una MSC puede funcionar como GMSC, enrutando tráfico hacia otras redes, pero no todas las MSC tienen que funcionar como GMSC.**
 - Cada vez se introducen mas MSC de tránsito.

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 20

Elementos del Sistema (3)

■ Funciones del MSC

- Funciones de CM (Call Management).
 - Establecimiento, Liberación y Routing.
- Interfaz con otras redes (PSTN, ISDN, PSPDN)
- Mantener la información de acceso en el VLR asociado.
- Funciones de MM (Mobility Management)
 - Location Updating
 - IMSI attach/detach
 - Autenticación
- Funciones de RM (Radio Management)
 - Handovers entre MSC
 - Paging
- Información de Billing

Elementos del Sistema (4)

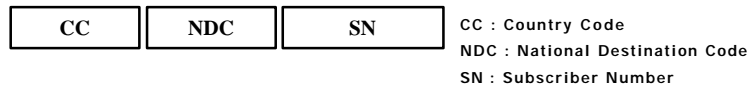
■ TRAU (Transcoder and Rate Adaption Unit)

- Transcodificación entre la voz de la Ley A (PCM) a 64 Kbps y la voz RPE-LTP (Regular Pulse Excited coding with a Long Term Prediction) a 13 Kbps
- Adaptación entre las tramas de datos del CCITT v.110 utilizadas en el lado de la red fija, y los 13 kbps de la parte radio.
- Puede estar situada en el BSS, pero en determinados casos se aloja en la propia MSC (minimiza costes de TX, utilizando canales de 16 kbps).



Elementos del Sistema (5)

- **HLR (Home Location Register)**
 - Proporciona un repositorio central de datos de subscripción.
 - Cada red debe tener al menos un HLR, que se sitúa normalmente en un emplazamiento central.
 - El HLR contiene la siguiente información:
 - ❑ Información de Subscripción (información para billing..)
 - ❑ Información de Localización (MSC y VLR en que se encuentra el móvil)
 - ❑ IMSI
 - ❑ Información de subscripción a los diferentes teleservicios y servicios portadores
 - ❑ Información de los servicios suplementarios
 - ❑ Restricciones de servicios.
 - ❑ Mobile Station International ISDN Number (1..n MSISDN por IMSI)

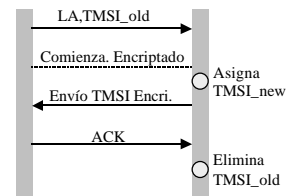


Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 23

Elementos del Sistema (6)

- **VLR (Visitor Location Register)**
 - Proporciona un repositorio de datos de subscripción de los móviles operando en un área de localización (asociada a un MSC).
 - Suele estar asociado a un MSC (par MSC/VLR)
 - Cuando un móvil entra en una red, o se mueve a un MSC/VLR dentro de la propia red, el MSC/VLR interroga al HLR o al antiguo MSC/VLR de los datos del móvil.
 - Contiene información de:
 - ❑ IMSI
 - ❑ MSISDN
 - ❑ TMSI
 - ❑ LA donde el MS está registrado
 - ❑ Mobile Station Roaming Number
 - ❑ Parámetros de Servicios Suplementarios
 - ❑ Información de Autenticación (RAND, SRES, Kc)



Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 24

Elementos del Sistema (7)

■ AuC (Authentication Centre)

- Asociado al HLR, contiene las claves individuales de identificación del abonado.
- La clave secreta K_i (128 bits), nunca abandona ni el AuC ni el MS (SIM).
- El AuC genera un conjunto de claves SRES, K_c y RAND (triple de autenticación) que se envían a la red vía HLR.
 - RAND. Número aleatorio de 128 bits generado por el AuC.
 - SRES (Signed Response). Número de 32 bits generado a partir del Algoritmo A3 con K_i y RAND como entradas.
 - K_c Secuencia de 64 bits generada a partir del algoritmo A8.

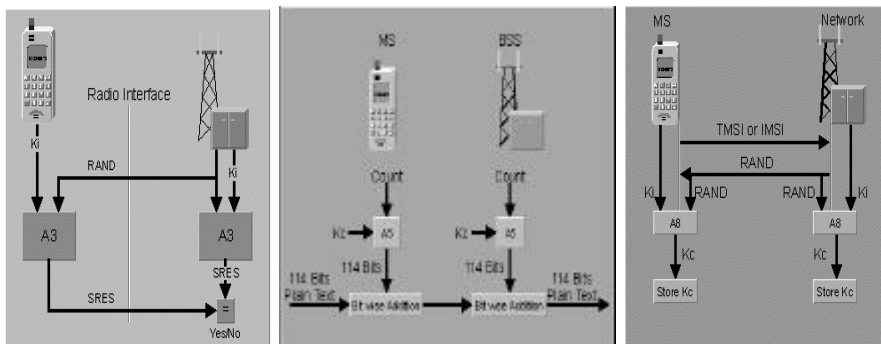
Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 25

Elementos del Sistema (8)

■ Algoritmos de Encriptado

- A3. Usado para el proceso de autenticación de usuario
- A5. Genera la secuencia de cifrado para el proceso de encriptado
- A8 Genera la K_c para el proceso de encriptado.



Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

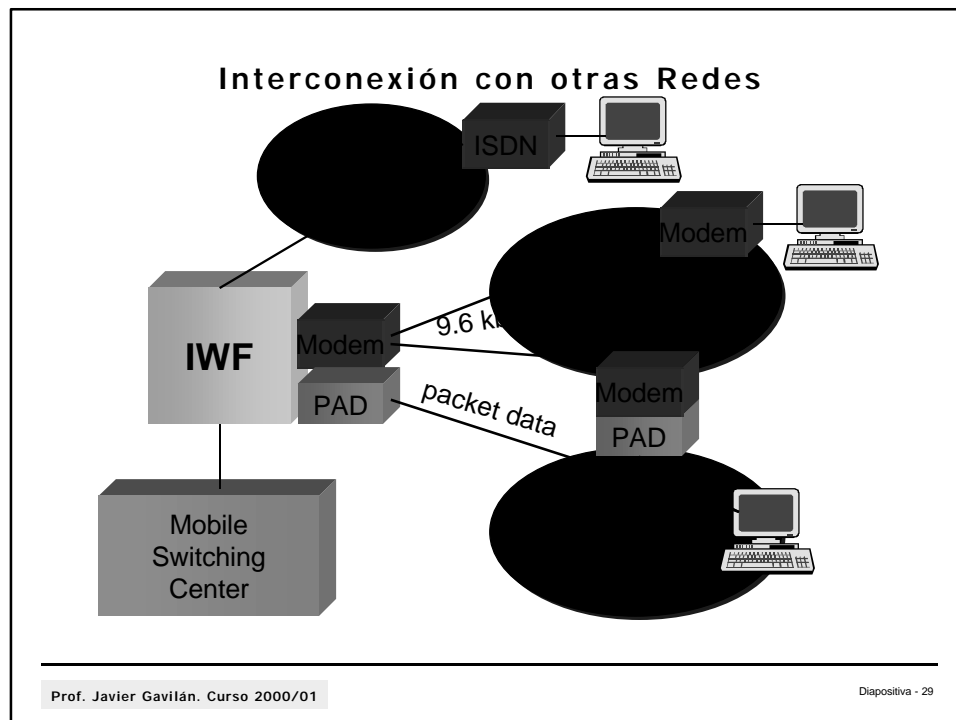
Diapositiva - 26

Elementos del Sistema (9)

- **EIR (Equipment Identity Register)**
 - Repositorio que almacena los IMEI (International Mobile Station Equipment Identity) utilizados por el sistema GSM.
 - Los MS tienen incluido de fábrica un único IMEI (15 dígitos), que es utilizado por el EIR para confeccionar distintas listas (blancas, grises, negras)
 - El objetivo final es reducir las posibilidades de robo de terminales y fraude.

Elementos del Sistema (10)

- **IWF (Interworking Function)**
 - Está localizado en la MSC y es responsable de las conexiones de fax y datos con redes externas.
 - El IWF desarrolla las siguientes funciones:
 - Encaminar las llamadas de datos y fax entre el MS y las redes PSTN.
 - Negociación con las PSTN las velocidades de transmisión adecuadas y los protocolos de comunicación involucrados.
 - En conexiones con entidades de una red ISDN, el IWF realiza las adaptaciones de velocidad según la norma V.110.
 - Para servicios no transparentes, realiza la codificación de mensajes RLP (Radio Link Protocol).
 - Permite adaptación de llamadas de FAX G.3
 - Capacidad de PAD para redes de paquetes.

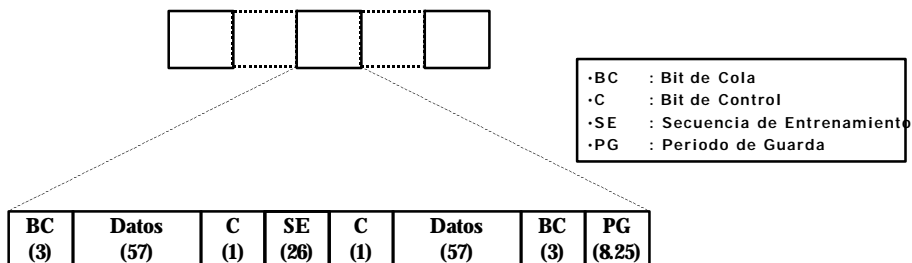


Interfaz Radio

- **Canales Físicos**

- GSM tiene asignada la banda de 900 Mhz (890-915 uplink / 935-960 downlink).
- Utiliza una combinación de TDMA/FD.
 - ❑ 124 portadoras con una separación de 200 KHz.
 - ❑ 8 time-slot por portadora
- Cada time-slot contiene 156,25 bits
 - ❑ Tasa 33,9 kbps por time-slot
 - ❑ Tasa 270,8 kbps por portadora
- Datos codificados por time-slot 114 (2x57) incluyendo corrección.
- El tamaño de paquete de nivel 2 es de 23 octetos , que con el encapsulado del nivel 1 alcanzan los 456 bits. Toda la información se transmite en bloques de 456 bits (4x2x57).
- La tasa máxima de bits es 13 kbps.

Interfaz Radio. Formato de Slot



- Cada slot contiene 156,25 bits (33,9 Kbps), de los cuales 114 (2x57) son datos codificados, incluyendo los necesarios para una posterior corrección de errores.
- Toda la información se transfiere en bloques de 4 slots (456 bits = 4x2x57)
- La tasa neta máxima de bits es de 13 kbps (excluyendo corrección de errores)

Interfaz Radio (2)

- **Canales Lógicos**
 - **Canales de Tráfico**
 - Bm. TCH/F. Tasa completa, ocupa un time-slot TDMA y es capaz de transferir hasta 13 kbps de datos de usuario
 - Lm. TCH/H. Media Tasa a 6,5 kbps para transmitir el doble de canales de voz.
 - **Codificación de voz**
 - Periodo de muestro 1/8000 s.
 - Cada muestra se convierte en un valor digital de 13 bits.
 - Cada 20 ms se genera un segmento de 260 bits (13 kbps)
 - Los 260 bits se dividen (según su importancia) en:
 - 182 bit. Se protegen frente a errores = 378 bits
 - 78 bits. Sin protección.
 - La suma (378+78=456 bits) se dividen en 2x4x57 que se transmiten en 4 bloques TDMA consecutivos.

Interfaz Radio (3)

- **Canales Lógicos. Canales de Control.**

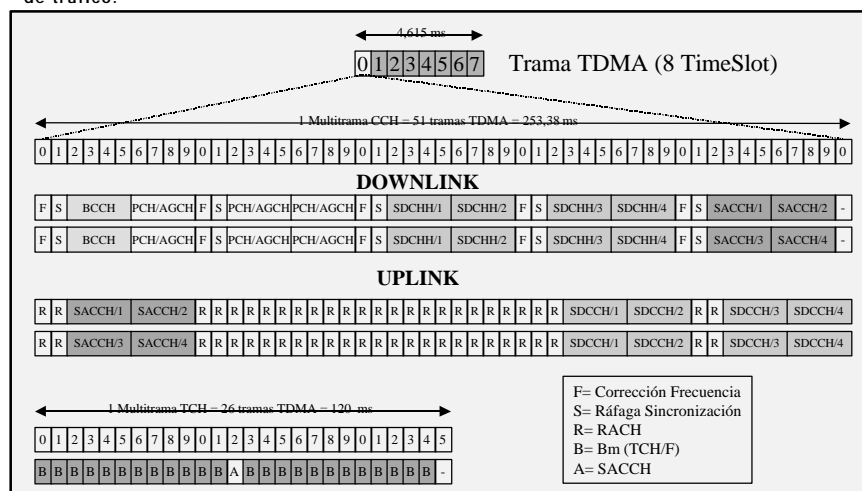
- **Canales de Control Común (CCCH)**
 - ❑ BCCH (Broadcast CCH). Downlink. Información del sistema (LA, Cell ID, vecinas...)
 - ❑ PCH (Paging CH). Downlink. Indicar a un MS que la red necesita contactar (p.ej. Llamada entrante...)
 - ❑ AGCH (Access Grant). Downlink. Asigna un canal de acceso a la red, y también un canal de control dedicado para señalización.
 - ❑ RACH (Random Access). Uplink. MS compiten por un canal de acceso a la red.
- **Canales de Control Dedicados (DCCH)**
 - ❑ SDCCH (Stand Alone CCH). Punto-punto. Location Updating, autenticación, activación del encriptado o control de llamada.
 - ❑ SACCH (Slow Associated CCH). Punto-punto. Control de señales radio y medidas. Se envía un bloque SACCH (456 bits) cada 480 ms.
 - ❑ FACCH (Fast Associated CCH). Para eventos repentinos (handovers). Se apropian de bits del TCH.

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 33

Interfaz Radio (4)

- **Ejemplo. Trama TDMA con canal de control combinado (CCCH+SDCCH/4) y 7 canales de tráfico.**



Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 34

Procedimientos de Señalización

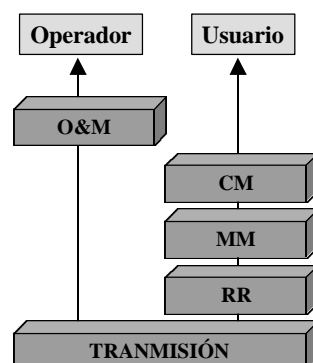
- Además de los procedimientos de control de llamada típicos (establecimiento, liberación...) la señalización GSM incluye procedimientos especiales de las redes móviles.
 - Location Updating (relocalización)
 - Cuando cambia de LA.
 - Paging (Búsqueda)
 - Desde la red, en una determinada LA, para localizar el móvil.
 - Acceso a la red
 - Cuando se produce una relocalización, llamada entrante o saliente, el MS tiene que hacer una petición a la red para conseguir un canal de acceso.
 - Autenticación
 - Identificación de abonado y proporcionar clave de cifrado.
 - Encriptado
 - Cuando tiene asignado el canal, comienza el proceso de cifrado.
 - Control de Señales Radio
 - Medidas de Señal Radio
 - Handovers (Trasposos)

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 35

Planos Funcionales

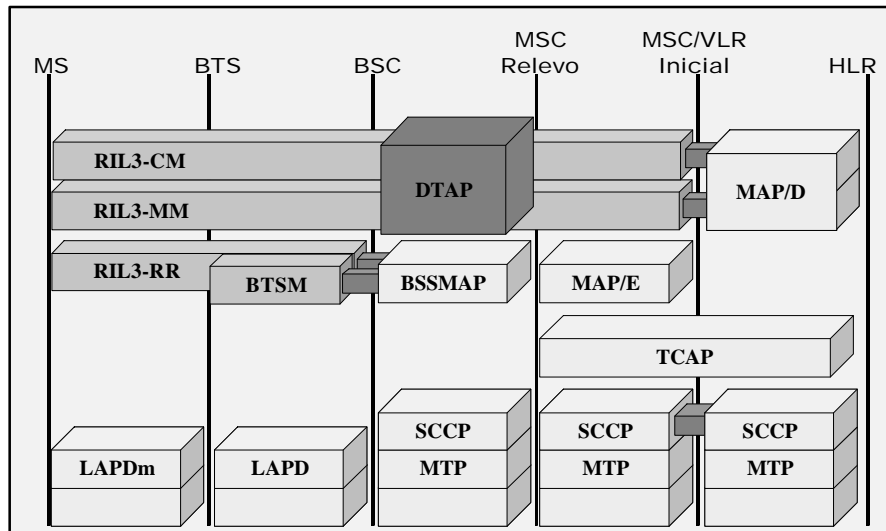
- Existen cinco planos funcionales, que se agrupan siguiendo la filosofía de entidades/servicios/protocolos.
 - Transmisión
 - Radio Resources (RR)
 - Comprende la búsqueda, acceso a canales radio, cifrado, handovers y procedimientos de control de las señales radio (incluido medidas).
 - Mobility Management (MM)
 - Procesos de manejo de las bases de datos de subscripción (HLR, VLR), así como la autenticación.
 - Communication Management (CM)
 - Procesos básicos de control de llamada y los accesos a servicios y facilidades.
 - Operation & Management (O&M)



Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 36

Protocolos e Interfaces.



Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 37

Protocolos e Interfaces. Um

- **Nivel 1.**
 - Sistema propietario GSM.
- **Nivel 2.**
 - LAPD-m. Basado en LAPD (ISDN SS7, canal D)
- **Nivel 3. Radio Interface Level 3 (RIL3)**
 - Mensajes CM y MM
 - Los mensajes CM y MM no son interpretados por la BSC ni la BTS.
 - Mensajes RR
 - En el interfaz Um, la mayor parte de los mensajes RR se manejan de forma transparente, salvo los que afectan de forma directa a la BTS (acceso aleatorio, paging, cifrado...).

Prof. Javier Gavilán. Curso 2000/01

Diapositiva - 38

Protocolos e Interfaces. A-bis

- **Nivel 1.**
 - Utiliza enlaces MIC estándar de 2 Mbps
 - La trama MICV se dividen en subtramas de 16 Kbps / 64 Kbps en función de donde se encuentre el TRAU (generalmente, en subtramas de 16 Kbps)
- **Nivel 2. Controla los enlaces de señalización lógica entre el BSC y sus BTS.**
 - LAPD. Basado en LAPD (ISDN SS7, canal D)
 - El valor de dos campos es ligeramente diferente al LAPD:
 - ❑ SAPI: Service Access Point Identif. Identifica el protocolo de señalización de nivel 3.
 - ❑ TEI: Terminal End Point Identifier. Identifica el TRX de una determinada BTS.
- **Nivel 3. Señalización RR**
 - Transferencia transparente de mensajes RR, MM y CM.
 - BTSM (BTS Management)
 - ❑ Gestión de Canales Dedicados (DCCH + TCH)
 - ❑ Gestión de Canales Comunes (CCCH)
 - ❑ Gestión de TRX

Protocolos e Interfaces. Interfaz A

- **Servicio de Transporte Básico**
 - Protocolo de Señalización Interfaz A basado en en SS7.
 - Utiliza un subconjunto de mensajes de:
 - ❑ MTP (Message Transfer Part)
 - Solo se utiliza un camino de señalización pto a pto.
 - ❑ SCCP (Signalling Connection Control Part)
 - Clase 0. Transferencia sin conexión.
 - Clase 2. Transferencias orientadas a conexión.
- **BSSAP**
 - Parte de Aplicación BSS usuario del servicio de transporte SCCP/MTP. Un discriminador determina:
 - ❑ BSSMAP. Subparte de aplicación de Gestión BSS.
 - Recursos Radio + BSCM
 - ❑ DTAP. Subparte de Aplicación de Transferencia Directa.
 - Tranferencia de Mensajes MM + CM

Interfaz entre MSC y entidades de la red GSM

- **Protocolo MAP (Mobile Application Part)**
 - Transferencia de Señalización no Relativa a Circuito, relacionada con la señalización propia de GSM.
 - Interfaz MSC/VLR (MAP-B)
 - Interfaz MSC/HLR (MAP-C)
 - Interfaz HLR-VLR (MAP-D)
 - Interfaz MSC-MSC (MAP-E)
 - Interfaz MSC-EIR (MAP-F)
 - Interfaz VLR-VLR (MAP-G)
- **Protocolo PUSI**
 - Control de conexiones ordinarias Relativas a Circuito (voz, datos) entre MSC o entre MSC y redes ISDN externas.

