

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO**

**Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura**

**Cátedra: Sistemas Distribuidos**

**Monografía**

**REDES CELULARES  
( GSM, GPRS )**

**Autor : Nicola, Federico Esteban  
N-0521/5**

<b>INDICE</b>	<b>PAGINA</b>
<b>1- INTRODUCCIÓN</b>	2
1.1- COMUNICACIONES MÓVILES	2
1.2- REDES CELULARES	4
1.2.1- Niveles celulares	4
1.2.2- Clasificación	5
1.2.3- Evolución	5
1.2.4- Canales	5
1.2.5- Antenas y propagación	5
1.2.6- Transmisión inalámbrica	6
1.2.7- Mecanismo de compensación de errores	6
1.2.8- Técnicas de diversidad	7
1.2.9- Técnicas de acceso múltiple	7
1.2.10- Errores de transmisión	8
1.2.11- Proceso de detección de errores	8
1.2.12- Errores en canales inalámbricos	9
1.2.13- Códigos de Hamming	9
1.2.14- Decodificación	9
<b>2- LAS REDES CELULARES</b>	10
2.1- En nuestro país	10
2.2- Organización celular	10
2.3- Modo de operación	10
2.4- Handover	12
2.5- Ingeniería de tráfico	13
<b>3- GSM (Global System for Mobile communications)</b>	14
3.1- Esquema de la arquitectura GSM	14
3.2- Estación Móvil (MS)	14
3.3- Estación Base (BSS)	15
3.4- Subsistema de red (NSS)	15
3.5- MSC (Mobile Switching Center)	15
3.6- HLR (Home Location Register)	16
3.7- VLR (Visitor Location Register)	16
3.8- AuC (Authentication Center)	16
3.9- EIR (Equipment Identity Register)	16
3.10- OMC (Operation and Maintenance Center)	17
3.11- Interface Radio (Um)	17
3.12- Otros Aspectos	19
3.13- SMS (Short Message Service)	19
3.14- Roaming	20
3.15- ME multi-standard	20
3.16- TCP/IP sobre GSM	21
3.17- Los problemas del GSM	22
<b>4- GPRS (General Packet Radio Service)</b>	23
4.1- Comentarios	23
4.2- Ventajas clave sobre GSM	23
4.3- Conclusión sobre ¿Por qué GPRS?	24
4.4- Arquitectura GPRS	24
4.5- Funcionamiento de GPRS	25
<b>5- BIBLIOGRAFIA</b>	<b>26</b>

# 1- INTRODUCCIÓN

## 1.1- COMUNICACIONES MÓVILES

**Definición de comunicaciones móviles:** Se dice que una comunicación es móvil cuando existe al menos un terminal cuya ubicación se desplaza, requiriéndose servicio durante ese desplazamiento.

Las comunicaciones móviles se pueden clasificar como sigue:

- Sistemas vía satélite (INMARSAT, IRIDIUM).
- Redes de área extensa de transmisión de datos (WATM).
- Redes móviles privadas (Wireless Ethernet).
- Redes de telefonía celular públicos (GSM, GPRS, UMTS).
- Redes de telefonía sin hilos (DECT).
- Redes domésticas (Home RF).
- Redes de área personal (Bluetooth).

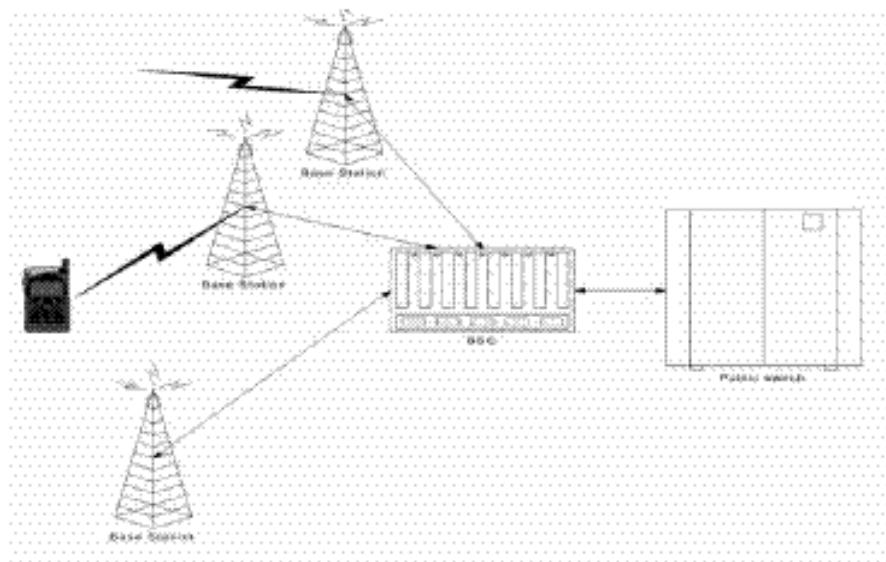
Clasificación de redes inalámbricas.

Redes globales: IRIDIUM, GLOBASTAR, UMTS.

Redes de área extensa: WATM, GSM, UMTS.

Elementos necesarios en un sistema que soporta comunicación móvil.

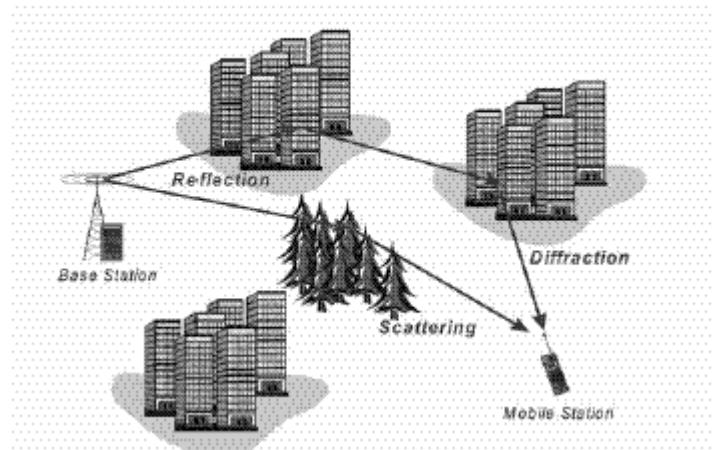
- **Estación base (BS):** Son estaciones fijas que pueden ser controladas por una unidad de control.
- **Estación de control (CS):** Son estaciones fijas que controlan automáticamente las emisiones o el funcionamiento de otra estación fija.
- **Estación repetidora (RS):** Son estaciones que retransmiten señales recibidas y permiten la cobertura en una zona no accesible por la estación base.
- **Estación móvil (MS):** Es una estación dotada de movilidad.



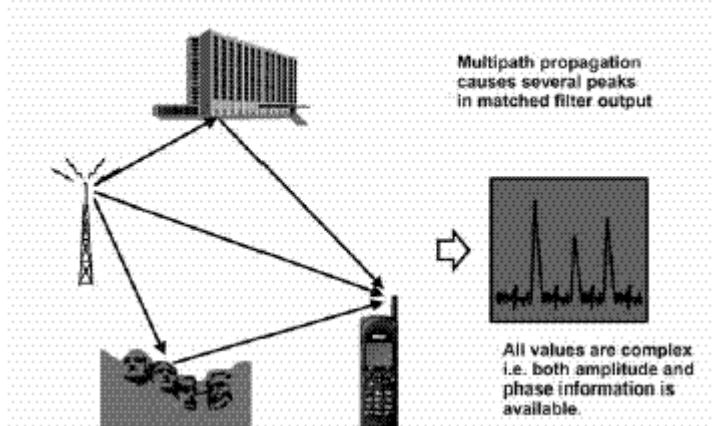
Esquema de un sistema de comunicación móvil.

Una señal inalámbrica se podrá ver alterada físicamente por obstáculos que se interpongan en su recorrido o por rebotes de la misma señal provocando un multicamino.

### Alteración de señales



### Multicamino



### Modificación de la señal.

## 1.2- REDES CELULARES

### 1.2.1- Niveles celulares:

Picoceldas:

- De 20 a 400 m.
- Usualmente, internas a edificios.

Microceldas:

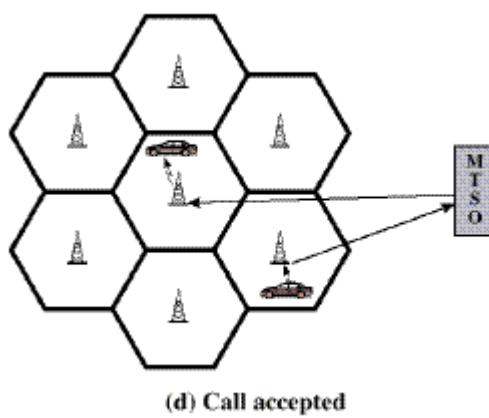
- De 400m a 2 Km.
- Usualmente, zonas urbanas.

Macrocelas:

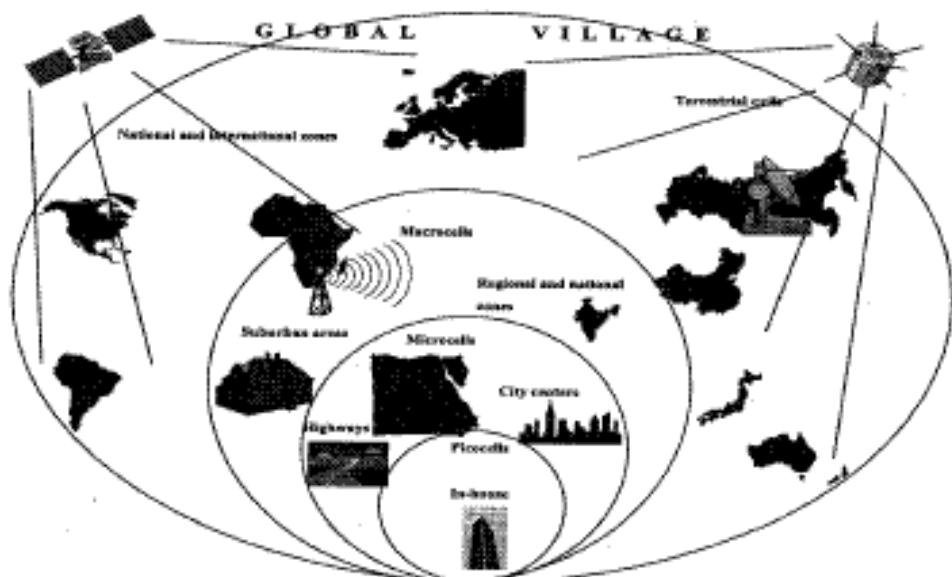
- De 2 a 20 km.

Comunidad global:

- Todo el mundo.



### Clasificación de redes celulares



### 1.2.2-Clasificación:

- **Redes globales**

UTP (Universal Personal Telecommunications).

PCS (Personal Communications System).

3G (tercera generación).

- **Redes extensas**

Wireless ATM, UMTS.

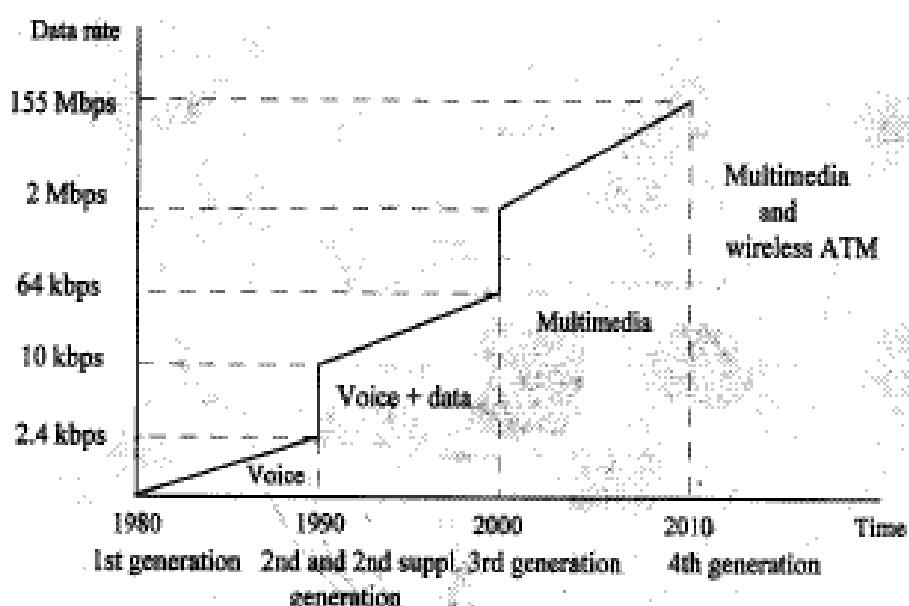
- **Redes de área local**

Wireless Ethernet, HIPERLAN.

- **Redes de área personal**

Bluetooth, 802.15.

### 1.2.3- Evolución:



- **1G: Red celular analógica** – Conmutación de circuitos.
- **2G: Red celular digital (GSM)** – Conmutación de circuitos.
- **2,5 G: Red celular digital (GPRS)** – Conmutación de paquetes.
- **3G: Red celular digital UMTS** – Conmutación de paquetes.
- **4G: Red celular digital multimedia** – Todo IP (VoIP).

### 1.2.4- Canales:

- Un canal móvil se caracteriza por:
  - Nivel medio de potencia.
  - Desvanecimientos.
  - Atenuaciones.
  - Reflexión / difracción.
  - Movilidad del emisor / receptor.
  - Propagación multicamíno.

### **1.2.5- Antenas y propagación:**

- Una antena es un conductor eléctrico o un sistema de conductores utilizados para generar radiación electromagnética al espacio.

**Antena de transmisión:** Radia energía electromagnética al espacio.

**Antena de recepción:** Recoge energía electromagnética del espacio.

- En una comunicación duplex, la misma antena puede usarse para transmisión y recepción.

### **1.2.6- Transmisión inalámbrica:**

- Factores que intervienen:

Atenuación y distorsión de atenuación.  
Pérdidas en el espacio abierto.  
Ruido.  
Absorción atmosférica.  
Multicamino.  
Refracción.  
Ruido térmico.

### **1.2.7- Mecanismo de compensación de errores:**

- Forward error correction (FEC).
- Ecualización adaptativa.
- Técnicas de diversidad.

#### **Forward Error Correction:**

- El transmisor añade a los bits de datos otros bits obtenidos mediante un código corrector de errores.
- El receptor calcula de nuevo el código para los bits recibidos.  
Si los bits de control de errores coinciden con los recibidos, no ha ocurrido error.  
Si los bits de control de errores no coinciden, se intenta buscar el error y corregir.

#### **Ecualización adaptativa:**

- Se puede aplicar a transmisiones analógicas y digitales.  
Analógicas: voz, video.  
Digital: Datos, voz digitalizada, video digitalizado.
- Se utiliza para combatir la interferencia entre-símbolos.
- Permite situar en su posición símbolos que se han desplazado.
- Técnicas:  
Circuitos analógicos.  
Algoritmos de DSP.

### **1.2.8- Técnicas de diversidad:**

- Son técnicas que permiten combatir los desvanecimientos en la potencia recibida.
- Se basan en introducir redundancia en el sistema y conseguir en el extremo receptor dos o más señales cuyos desvanecimientos sean independientes.
- **Técnicas de diversidad espacial:** Se utilizan simultáneamente dos antenas separadas físicamente lo suficiente para asegurar que la correlación de ambas es inferior a un valor prefijado.
- **Técnicas de diversidad frecuencial:** Se transmiten simultáneamente dos señales cuya frecuencia difiere más del ancho de banda de ellas. Tiene el problema del elevado coste en ancho de banda.
- **Técnicas de diversidad temporal:** Se transmiten los mismos datos en intervalos de tiempo diferentes.

### **1.2.9- Técnicas de acceso múltiple:**

- Los sistemas de comunicaciones se diseñan en base al concepto de reutilización: se comparten frecuencias portadoras, tiempos y códigos entre distintos usuarios.
- Es necesario implementar técnicas de acceso múltiple al canal.
- A la hora de buscar técnicas de acceso múltiple, hay que considerar:
  - Robustez frente a interferencias.
  - Capacidad aportada.
- **Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA):** Se atiende a las llamadas en diferentes frecuencias, se usa en sistemas analógicos 1G y en sistemas digitales 2G
- **Acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA):** Se atiende a las llamadas en diferentes slots de tiempo, sólo es aplicable en sistemas digitales, en la actualidad se usa en combinación con FDMA.
- **Acceso múltiple por división de código (CDMA):** Los usuarios comparten todo el espectro, pero usan diferentes secuencias de código para separar las comunicaciones.
- **Acceso múltiple por división espacial (SDMA):** Se atiende a las llamadas mediante antenas de haces puntuales. Las llamadas realizadas desde puntos diferentes se pueden soportar en la misma frecuencia.

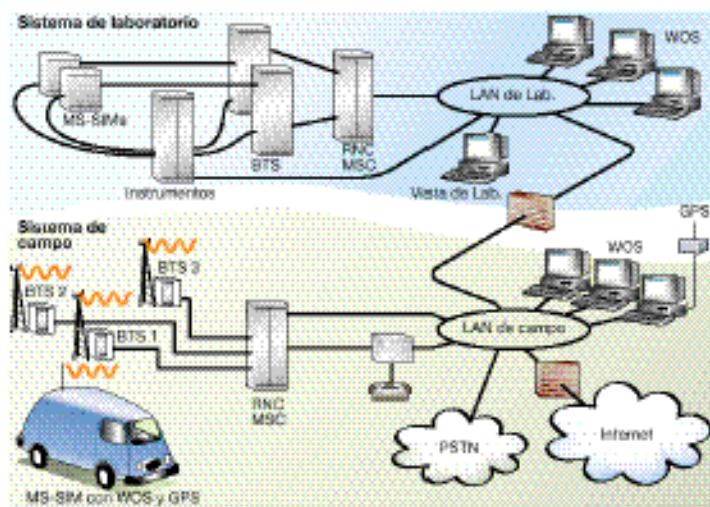
### **CDMA (Code Division Multiple Access):**

- CDMA es una técnica de acceso múltiple (multiplexión) que data de los años 50, cuando Shanon comenzó el desarrollo de la teoría de la Información.
- CDMA se desarrolló inicialmente para garantizar la seguridad en aplicaciones de transmisión de datos militares, demostrando posteriormente su validez en comunicación de sistemas móviles.
- En 1978 comienza a usarse en comunicaciones celulares y en 1993 se estandariza el CSMA de banda estrecha, para su uso en telefonía móvil celular.
- En 1990 comienza a estudiarse su uso en comunicaciones de banda ancha, obteniéndose distintos sistemas, entre los que se encuentran FRAMES MULTIPLE ACCES (FRAMES FMA2) en Europa, CORE-A en Japón, que posteriormente convergen en el sistema WCDMA, y el sistema CDMA2000 en EEUU.

### **WCDMA (Acceso Múltiple por División de Códigos de Banda Ancha):**

- WCDMA es una técnica de radio de banda ancha que permite obtener mayores velocidades de transmisión de datos para el usuario y un uso más eficiente del espectro de radio que los sistemas actuales.
- WCDMA es una tecnología de interfaz de radio de banda ancha que cumple el IMT-2000 y que se emplea en la norma UMTS.
- El primer sistema WCDMA ha sido implantado por Ericsson para NTT DoCoMo en Japón, (1998 ).
- Según estudios realizados, se estima que la tecnología WCDMA ofrecerá hasta 384 Kbps en grandes áreas y 2 Mbps en pequeñas áreas.
- WCDMA puede soportar simultáneamente varias conexiones (por ejemplo, una conexión a Internet, una conversación telefónica, videoconferencia, etc).

## WCDMA



### 1.2.10- Errores de transmisión

- Códigos detectores de errores.  
Detectan la presencia de un error.
- Protocolos Automatic repeat request (ARQ).  
Bloques de datos con error son descartados. El transmisor retransmite los bloques de datos recibidos con error.
- Códigos correctores.  
Diseñados para detectar y corregir errores.

### 1.2.11- Proceso de detección de errores

#### • Transmisor:

A partir de los bits de la trama, se calcula un código de detección de errores. Los bits de detección de errores se añaden a los bits de datos.

#### • Receptor:

Una vez recibida la trama, se separan los bits de datos y los de detección de errores, se calculan los bits de detección de errores a partir de los de datos recibidos, se comparan los bits calculados con los recibidos, se ha detectado un error si no coinciden.

### Chequeo de paridad:

- Un bit de paridad se añade a la trama de datos.
- Paridad impar.  
Se añade un bit asegurando que queda un número impar de unos.
- Paridad par.  
Se añade un bit asegurando que queda un número par de unos.

### Cyclic Redundancy Check (CRC):

#### • Transmisor:

Para un código bloque de  $k$ -bits, el transmisor genera una secuencia de chequeo de  $(n-k)$  bits, como resultado, se obtiene una trama de  $n$  bits que es exactamente divisible por un número predeterminado.

#### • Receptor:

Se divide la trama recibida por un número predeterminado, si el resto es cero, se asume que no ha habido error.

### 1.2.12- Errores en canales inalámbricos:

- La detección de un error requiere retransmisión
- La detección no es suficiente en aplicaciones inalámbricas  
La tasa de error en enlaces inalámbricos puede ser alta, resultando un gran número de retransmisiones.  
Existe un gran retardo de propagación, comparado con el tiempo de transmisión.

### 1.2.13- Códigos de Haming:

- Diseñados para corregir errores simples.
- Son una familia de códigos bloque correctores  $(n, k)$ , con los siguientes parámetros:
  - Longitud de bloque:  $n = 2^m - 1$
  - Número de bits de datos:  $k = 2^m - m - 1$
  - Número de bits redundantes:  $n - k = m$
  - Distancia mínima:  $d_{\min} = 3$
- Single-error-correcting (SEC) code.  
Los códigos SEC detectan los errores dobles.

### 1.2.14- Decodificación:

- Diagrama de trellis: expanded encoder diagram.
- Algoritmo de Viterbi:  
Se compara la secuencia recibida con todas las posibles secuencias transmitidas, el algoritmo busca en el diagrama de trellis un camino cuya secuencia codificada difiera en un número mínimo de bits, una vez seleccionado el camino, continua la decodificación.

## 2- LAS REDES CELULARES

### 2.1- En nuestro país:

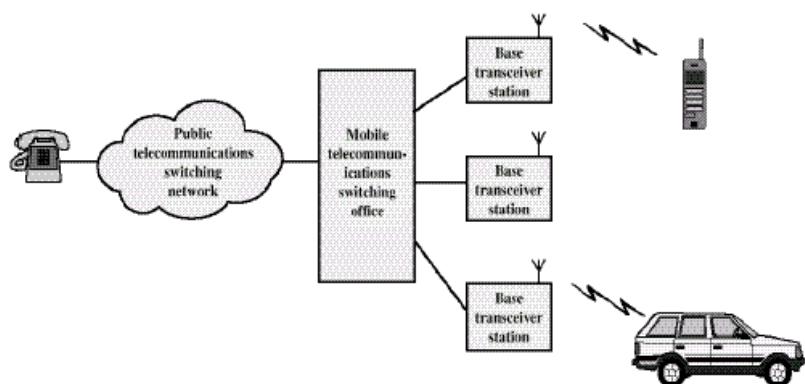
En nuestro país y en la actualidad se encuentran diferentes tipos de redes celulares en las cuales los diferentes tipos de tecnología se detalla en la siguiente tabla para cada proveedor en particular.

Cell phone networks in Argentina					
Network	System	GPRS	HSCSD	Frequency	
<a href="#">CTI Móvil</a>	AMPS	n/a	n/a	800	
<a href="#">Movicom</a>	CDMA	n/a	n/a	?	
<a href="#">BellSouth</a>					
<a href="#">CTI Móvil</a>	CDMA	n/a	n/a	800	
<a href="#">Telefónica Unifón</a>	CDMA	n/a	n/a	800	
<a href="#">Telecom Personal</a>	GSM	Live	no	1900	
<a href="#">CTI Móvil</a>	GSM	n/a	n/a	1900	
<a href="#">Telefonica Unifon</a>	GSM	no	no	1900	
<a href="#">Movicom</a>	N-AMPS	no	no	800	
<a href="#">BellSouth</a>					
<a href="#">Telefónica Unifón</a>	TDMA	n/a	n/a	800	

### 2.2- Organización celular:

- El área de cobertura se divide en células estando cada una servida por su propia antena, en cada célula se usa una banda de frecuencias y es servida por una estación base.
- Estación base: transmisor + receptor + sist. control.
- Células adyacentes utilizan bandas de frecuencia distintas.
- Células distantes pueden usar la misma banda de frecuencias.
- Es necesario distribuir el área de cobertura en células.

### 2.3- Modo de operación:

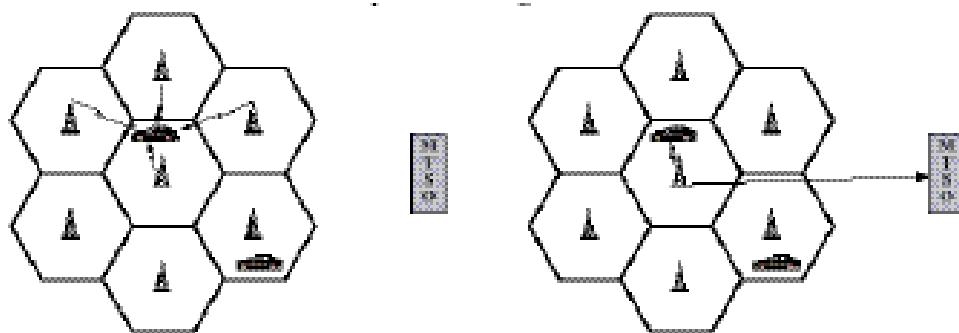


- Cada célula dispone de:
  - Una estación base (situada en el centro) BS.
  - Un controlador.
  - Un número de transceivers que usan los canales asignados a la célula.
- Cada estación base está conectada con una Mobile.
  - Telecommunications Switching Office (MTSO), de forma que una MTSO sirve a varias estaciones base (BS).
- La MTSO conecta las llamadas entre los usuarios móviles y a su vez está conectada con la red fija.
- Hay dos tipos de canales entre la unidad móvil y la estación base:

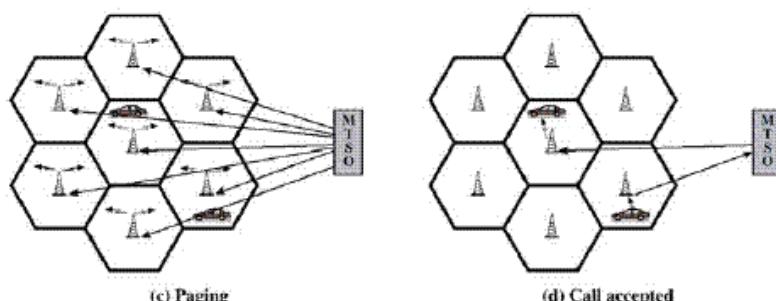
**Canal de control:** Intercambia información de control que permite mantener la transferencia de datos por el canal de tráfico.

**Canal de tráfico:** Transporta voz o datos entre usuarios.

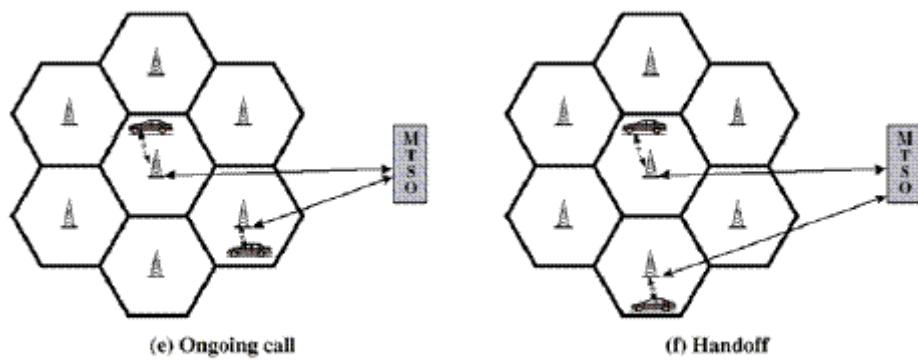
- Pasos en la transferencia de datos entre dos usuarios móviles:
  - Inicialización de la unidad móvil.
- La estación base difunde señales por los canales de control disponibles.
- La unidad móvil selecciona un canal de control disponible.
- La unidad móvil queda asignada a una estación base.



- Inicio de la llamada por la unidad móvil.
  - La unidad móvil comprueba que el canal de control continua libre.
  - La unidad móvil envía el número destino por el canal de control a la MTSO.
- Paging:
  - La MTSO intenta localizar a la unidad móvil destino, enviando el mensaje de llamada a ciertas estaciones base, dependiendo del número destino



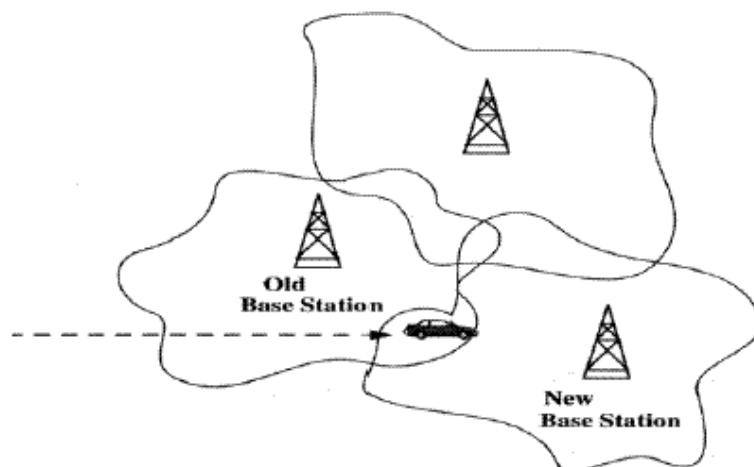
- **Llamada aceptada:** La unidad móvil reconoce su número por el canal de control y responde a la MTSO aceptando la llamada. La MTSO establece un canal de datos entre las dos unidades móviles.
  - **Llamada en curso:** Las dos unidades móviles intercambian datos por el canal de datos. El canal de control supervisa la transferencia.
  - **Handover:** Si una unidad móvil se mueve fuera del rango de su estación base, se selecciona otra estación base más adecuada.



- Otras funciones que intervienen son:
    - Bloqueo de llamada:
    - Terminación de llamada
    - Anulación de llamada
    - Llamadas desde / hacia usuarios fijos

#### **2.4- Handover:**

- **Handover (Handoff):** Procedimiento mediante el cual un usuario móvil cambia su asignación de una estación base a otra.
  - Puede ser iniciado por:
    - Estación base (en función de las señales recibidas de la unidad móvil).
    - Unidad móvil (en función de la señal recibida de distintas estaciones base).



- Se pueden utilizar distintas métricas para decidir el inicio de un proceso de handover:
  - **Call Blocking Probability:** Probabilidad de que una nueva llamada sea bloqueada.
  - **Call Dropping Probability:** Probabilidad de que hecho un handoff, la llamada sea terminada.
  - **Call Completion Probability:** Probabilidad de que una llamada aceptada se mantenga sin cortes hasta el final.
  - **Probability of unsuccessful handoff:** Probabilidad de que un proceso de handoff solicitado no se realice.
  - **Handoff blocking probability:** Probabilidad de que un proceso de handoff iniciado no termine de completarse.
  - **Handoff Probability:** Probabilidad de que un handoff ocurra antes de terminar la llamada.
  - **Rate of Handoff:** Número de handoffs por unidad de tiempo.
  - **Interruption duration:** Duración de tiempo durante un handoff en el que una estación móvil no está conectada a ninguna estación base.
  - **Handoff delay:** Distancia recorrida por la unidad móvil desde que se pide el handoff, hasta que se produce.
- El principal parámetro usado consiste en medir la potencia y calidad de la señal recibida. Si sale fuera de una ventana, se inicia el proceso de handover.

## 2.5- Ingeniería de tráfico:

- Idealmente, los canales disponibles deben tener el mismo número de usuarios activos al tiempo.
- En la práctica, no es posible hacer un buen reparto de carga por la red.
- Para una capacidad máxima de  $N$  usuarios simultáneos y  $L$  suscriptores:
  - $L < N$  – Sistema no bloqueado
  - $L > N$  – Sistema bloqueado
- La carga de tráfico existente en un sistema (intensidad de tráfico), puede medirse como:

$$A = d \cdot h$$

Donde:

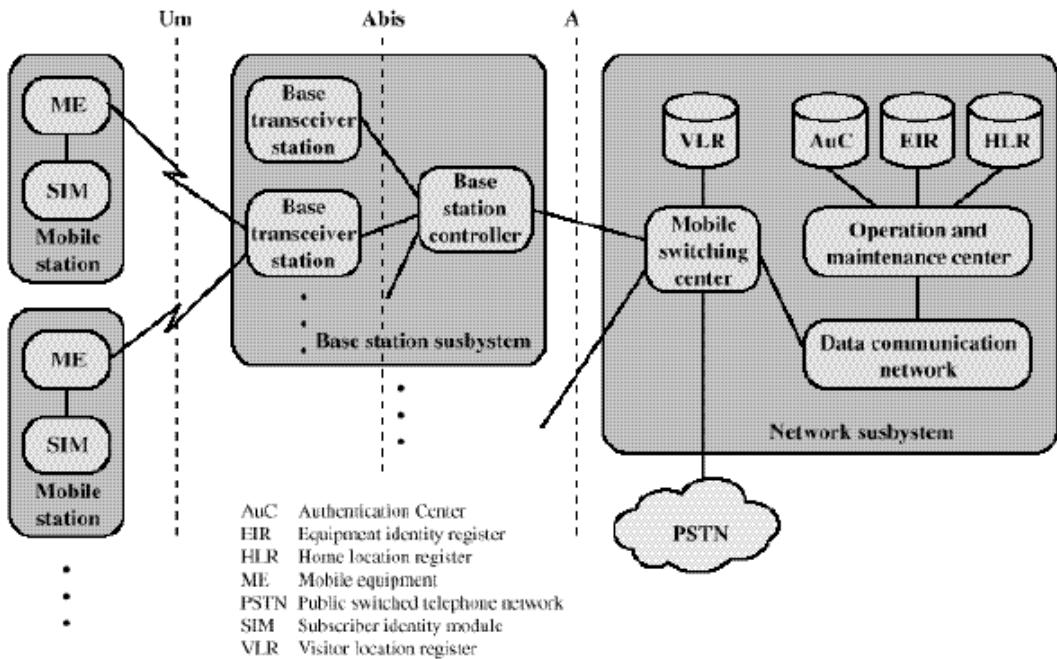
$d$  = Régimen medio de intentos de llamadas por unidad de tiempo.

$h$  = tiempo medio por llamada realizada

$A$  = promedio de llamadas durante un holding.

### 3- GSM (Global System for Mobile communications)

#### 3.1- Esquema de la arquitectura GSM.



#### 3.2- Estación Móvil (MS):

- Se divide en dos módulos:

**ME (Mobile Equipment):** terminal en sí. Está identificado por el IMEI (*International Mobile Equipment Identity*) número de 15 cifras que se puede obtener tecleando \*#06# y utilizado por el EIR.

- Dual band: terminal que puede transmitir en dos bandas de frecuencias: GSM 900 (europeo) y DCS1800/PCS1900 (americana)
- Dual mode: capaz de conectarse a redes de tecnología distinta: GSM y DECT.

**SIM (Subscriber Identity Module):** identificador de usuario. Contiene:

- Identificador de usuario IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*).
- Claves para criptografía.
- Agenda de usuario
- SMSs recibidos y guardados por el usuario.
- Contraseña para restringir el uso del SIM.
- MEs y SIMs son intercambiables.

#### 3.3- Estación Base (BSS):

- Controla la interfase radio, y se divide en:

**BTS (Base Transceiver Station):** puede haber una o más por BSS, contiene los transmisores / receptores que sirven a una celda.

Funciones:

- Interfase física entre MT y BSC.
- Gestión de *Diversidad de Antenas*.
- FH (*Frequency Hopping*).
- Control Dinámico de Potencia.
- Gestión de algoritmos de Clave.
- Monitorización de la conexión.

**BSC (Base Station Controller):** gobierna los recursos radio para las BTS a él conectadas.

- Gestión y configuración del canal radio: elección de la celda y canal.
- Gestión de los handover.
- Transcodificación de canales radio (16 ó 8kbps) a canales a 64kbps.

### 3.4- Subsistema de red (NSS):

- Permite la interconexión entre BSS y con otras redes públicas (PSTN, ISDN, PSPDN, CSPDN)
- Implementa las funciones de base de datos necesarias para:
  - identificación de usuarios y terminales,
  - localización de los terminales y conducción de llamadas,
  - facturación, etc.
  - Formado por:
    - MSC (Mobile Switching Center).
    - HLR (Home Location Register).
    - VLR (Visitor Location Register).
    - AuC (Autentication Center).
    - EIR (Equipment Identity Register).
    - OMC (Operation and Maintenance Center).

### 3.5- MSC (Mobile Switching Center):

- Elemento central del NSS se ocupa de la gestión del tráfico de una o más BSS, actuando como un router. Además interconexiona todos los demás elementos del NSS.
- Funciones:
  - Gestión de llamadas:
    - Autenticación de la llamada: localización e identificación del MS.
    - Conmutación entre BSS del mismo NSS o con otros MSC o redes.
    - Funciones de gateway con otras redes (PLMN, ISDN, PSTN,etc.)
  - Proceso de *handover*:
    - Handover Intra-MSC
    - Handover Inter-MSC
  - Confidencialidad de la identidad de usuario: uso del TMSI en lugar del IMSI en la transmisión. El MSC asocia el IMSI con el TMSI.

### 3.6- HLR (Home Location Register):

- Base de datos central o distribuida que contiene información sobre el usuario:
- IMSI: identificación del usuario en toda la red GSM
- MSISDN (*Mobile Station ISDN Numberk*): Similar al número de abonado en una red PSTN.
- Tipos de servicios contratados.
- Posición actual del MS: dirección del VLR en el que está.
  - Funciones:
    - Seguridad: diálogo con el AuC y el VLR.
    - Registro de posición: actualización de los VLRs.
    - Coste de llamada: obtenido de la información del MSC.
    - Gestión de datos del usuario.
    - Gestión de datos estadísticos.

### **3.7- VLR (Visitor Location Register):**

- Base de datos temporal que contiene información del abonado en el área geográfica bajo su control. Los datos son suministrados por el HLR.
- Se suele implementar en el MSC para simplificar la señalización “el área geográfica del MSC es la del VLR.
- Almacena:
  - TMSI usado para garantizar la seguridad del IMSI.
  - Estado del MS (standby, ocupado, apagado).
  - Estados de los servicios suplementarios: *llamada en espera, llamada diferida, etc.*
  - Tipo de servicios suscriptos por el abonado.
  - LAI (*Location Area Identity*): zona dentro de aquéllas bajo el control del MSC/VLR donde está el MS.

### **3.8- AuC (Autentication Center):**

- Verifica si el servicio es solicitado por un abonado legítimo.
- Proceso:
  - Verifica el IMSI sin transmitir información personal del abonado.
  - Genera la claves a partir del IMSI.
    - Las claves son usadas para la encriptación de la información.
    - Las claves y códigos de autentificación también están almacenados en el SIM.
    - La autentificación se produce:
      - Cada vez que el MS se conecta a la red.
      - Cada vez que el MS recibe o efectúa una llamada.
      - Cada vez que se actualiza la posición del MS.
      - Cada vez que se realiza acceso a alguno de los servicios suplementarios.

### **3.9- EIR (Equipment Identity Register):**

- Verifica si un ME está autorizado para acceder al sistema.
- Tres Listas:
  - Lista Blanca: contiene los IMEI que pueden acceder a la red.
  - Lista Gris: contiene IMEI marcados y no homologados. Son monitoreados por la red, pudiéndose determinar su localización y el SIM que está siendo usado.
  - Lista Negra: contiene IMEI bloqueados. Formada entre otros por IMEI robados a los cuales se les niega el acceso a la red.

- Cada vez que un ME intenta acceder a la red la MSC verifica mediante el EIR la lista a la que pertenece el ME, tomando las acciones necesarias.

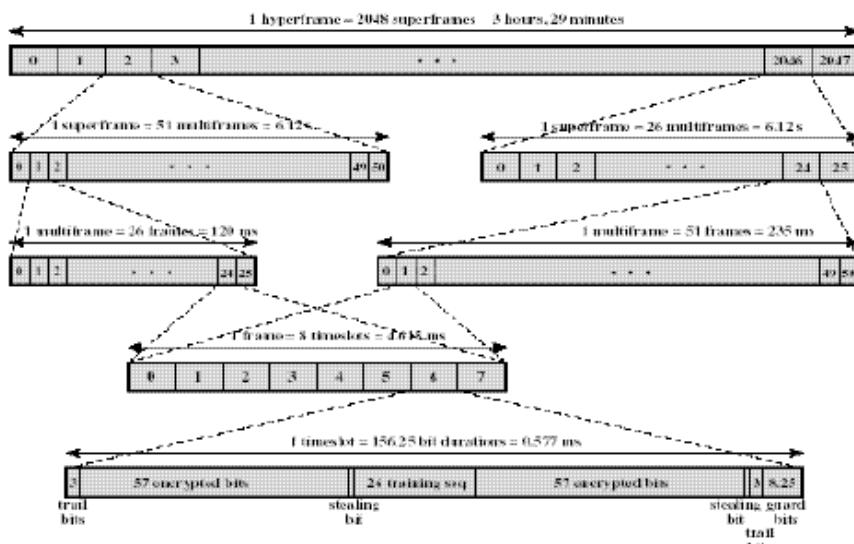
### 3.10- OMC (Operation and Maintenance Center):

- Utilizado para la monitorización y mantenimiento de la red por parte del operador.
- Funciones:
  - Acceso remoto a todos los elementos del PLMN.
  - Gestión de alarmas y estado del sistema.
  - Recogida de información de tráfico de usuarios “facturación”.
  - Supervisión del flujo de tráfico, para posibles cambios de arquitectura de red.
  - Reconfiguración de la red mediante acceso remoto.
  - Administración de abonados: altas, bajas, localización dentro de la red, etc.

### 3.11- Interface Radio (Um):

#### Formato TDMA

- Es la interface entre el MS y el BTS.
  - UL en [890, 915] Mhz
  - DL en [935, 960] Mhz
  - Uso de TDMA/FDMA combinado.
  - FDMA: división de UL y DL en 124 portadoras de 200 kHz de ancho de banda.
    - A cada estación base se le asigna un determinado número de portadoras
  - TDMA: usado para transmitir en cada portadora.
    - Periodo de ráfaga (TS) (15/26 ms): Unidad fundamental de tiempo, y de envío.
- Cada periodo de ráfaga determina un canal lógico.
- Trama TDMA: compuesta por 8 períodos de ráfaga.
  - Multitrama: agrupación de 26 ó 51 tramas.
  - Supertrama: agrupación de 51 ó 26 tramas (según multitrama).
  - Hypertrama: agrupación de 2048 Supertramas.
  - Cada TS tiene un número propio en la jerarquía, que se repite cada 3h28'53''



#### Formato TDMA

- Formato del TS normal burst:

- Trail bits: usados para sincronización
- Bits encriptados: dos campos de 57 bits que contiene información. Se obtiene de los 114 bits procedentes del interleaving por TS.
- Bits de robo: indican si el TS contiene datos o ha sido robado para control.
- Secuencia de entreno: usada en la detección de multicamino y para la obtención de las características de la señal recibida.
- Bits de guarda: usados para evitar el solapamiento con otros TSs, debido la diferencia del retardo de propagación.
- Existen otros 3 formatos más de TS que dependen del canal al que son asignados.

### Canales

- Canales de tráfico: Usados para transportar voz y datos.
- Usan multitramas de 26 tramas.
- De las 26 tramas de la multitrama:
  - 24 son usadas para tráfico
  - 1 es usada para control (SACCH)
  - 1 no es usada.
- Los enlaces UL y DL están separados por 3 TS.
  - Canales de control: usados para el intercambio de información de control. Usan multitramas de 51 tramas o la trama de control de las de 26.
  - Tipos de Canales de Control:
    - BCCH (*Broadcast Control Channel*): identifica la BS, la frecuencia de conexión y el patrón de salto de frecuencias (*frequency hopping*).
    - FCCH (*Frequency Correction Channel*) y SCH (*Synchronisation Channel*): sincronizan el MS a la estructura de TS de la celda.
    - RACH (*Randon Access Channel*): solicitud del MS de un canal dedicado.
    - PCH (*Paging Channel*): usado para alertar al MS de llamadas entrantes.
    - SACCH (*Slow Associated Control Channel*): señalización relacionada con los canales de tráfico TCH (medida de handover, etc.).

### Codificación de voz.

- Codificación voz: uso de RPE-LPE. Compensación en diferencias. 260 bits cada 20 ms.
  - Codificación de canal: de los 260 bits:
    - 1 los 50 bits CRC de 3 bits ~53 bits
    - Los 53+132 +4 (bits de cola) se les aplica código convolucional ~378 bits
    - Los 78 restantes se añaden sin protección. Total = 456 bits/20 ms=22.8kbps.
      - Interleaving: el bloque de 456 se divide en 8 de 57 bits. Cada uno es transmitido en un TS consecutivo.
    - Cada TS lleva bloques de diferentes muestreros.
      - Encriptación y ensamblado: los 114 bits (2x57) son encriptados y ensamblados en un TS.
        - Modulación: se utiliza GMSK para la transmisión de los datos

### Codificación de datos.

- Uso de los canales SACCH en las multitramas de 51 para su transmisión
  - Proceso similar a la codificación de voz.
- Se procesan bloques de 240 bits cada 20 ms ~12kbps.
- A cada bloque se le pone una cola de 4 bits ~244 bits
- Los 244 bits se procesan mediante un código convulacional ~488 bits = (244 x 2).

– De los 488 bits se eliminan selectivamente 38 *puncturing* “456.

– Se realiza un interleaving sobre los 22 TS siguientes:

- 1º y 22º TS llevan 6 bits cada uno.
- 2º y 21º TS llevan 12 bits cada uno.
- 3º y 20º TS llevan 18 bits cada uno.
- Del 4º al 19º llevan 24 bits cada uno.

Cada TS lleva información de 5 o 6 bloques de datos consecutivos.

### 3.12- Otros Aspectos:

• Ecualización Multicamino: proceso que extrae a partir de distintas señales fruto de la reflexión multicamino la señal incial.

• Salto en Frecuencias: cada trama TDMA puede ser transmitida en una frecuencia distinta según un patrón de saltos.

Robustez frente a interferencias.

Seguridad y protección de datos.

• Transmisión Discontinua: uso de VAD (*Voice Activity Detection*) para emitir sólo cuando hay datos a comunicar.

Aumento capacidad del sistema.

Ahorro de baterías.

• Control de Potencia: el MS y BTS pueden adaptar la potencia de emisión en función de la calidad de la señal recibida

Robustez frente a interferencias.

Ahorro de baterías.

### 3.13- SMS (Short Message Service):

• Servicio que permite el envío y recepción de mensajes en modo texto de hasta 160 caracteres. El mensaje contiene:

Mensaje de texto

Número de emisor y hora de emisión.

• Dos tipos de SMS:

SMS/PP (*SMS Point to Point*): permite el envío de mensajes entre dos MS. El envío y recepción del mensaje se hace en dos fases:

• SMS MO: envío del mensaje entre el MS origen y la entidad SMSC encargada en la red de gestionar los mensajes SMS.

• SMS MT: envío del mensaje entre el SMSC y el MS destino.

SMS/CB (*SMS Cell Broadcast*): envío de un mensajes a todos los MS dentro de una celda.

• Mensajes de 93 caracteres como máximo

• Posibilidad de concatenar hasta 15 mensajes.

• SMSC (*Short message Service Center*): dispositivo que recibe mensajes de diferentes fuentes (MS, SMSC, Internet, etc.) y los almacena hasta su entrega.

• Funciones:

Autentificación de usuarios: determina si el abonado está dado de alta y si el servicio se le puede prestar.

Recogida y entrega de mensajes cortos.

Almacenamiento de los mensajes hasta su posible entrega. Posibilidad de MS destino desconectado.

Conectividad con otros SMSC para permitir roaming .

• Envío de mensajes:

Se realiza usando los canales de control.

- Durante una comunicación de voz se usa el canal SACCH (1 por multitrama de 26 TS)
- Cuando el MS está inactivo usa los canales SDCCH (multitrama de 51 TS)
- Posibilidad de recibir mensajes durante una conversación telefónica.

El MS envía el mensaje al SMSC correspondiente:

El SMSC autentifica al usuario y encamina el mensaje al MS destino (directamente o a través de otros SMSCs)

Si el MS destino está desconectado de la red el último SMSC (SMSC asignado al MS destino) almacenará el mensaje hasta su entrega.

- El mensaje es almacenado en SMSC un tiempo limitado, tras él es destruido.

Se entrega el mensaje al MS destino, el cual lo puede almacenar en el SIM o destruirlo.

El retardo de envío de un mensaje es variable.

- Evolución del SMS:

Más mensajes a enviar: (GSM fase 2) permite el envío continuado de más de un mensaje a un MS. Evita establecimiento de conexión por mensaje.

Extensión alfabética: (GSM fase 2+) permite uso de un alfabeto más rico usando 16 bits por carácter en lugar de los 7 usado en las primeras versiones.

Concatenación de mensajes cortos: (GSM fase 2+) concatenación de mensajes para crear un mensaje corto. Se pueden escribir mensajes de hasta 38760.

- Segmentación del mensaje en mensajes cortos.
- Reordenación en el receptor y ensamblado.
- Máximo de 255 mensajes concatenados.

### **3.14- Roaming:**

- Servicio por el cual a un usuario se le puede dar servicio en otra PLMN distinta a la que se suscribió.

Sujeto al acuerdo entre operadores de PLMNs.

Usualmente se deberá de activar el servicio expresamente por petición del abonado.

- Tipos:

MS-Roaming: Utilización del mismo MS y SIM en otra red GSM.

- El MS debe de ser compatible con la red GSM. Existen 3 redes GSM

GSM 900: en Europa

GSM 1800 o DCS 1800: en Europa para cubrir áreas urbanas ampliamente pobladas.

GSM 1900 o PCS 1900: en Canadá y U.S.A.

SIM-Roaming: utilización del mismo SIM pero distinto MS. Usado para redes GSM no compatibles.

### **3.15- ME multi-standard:**

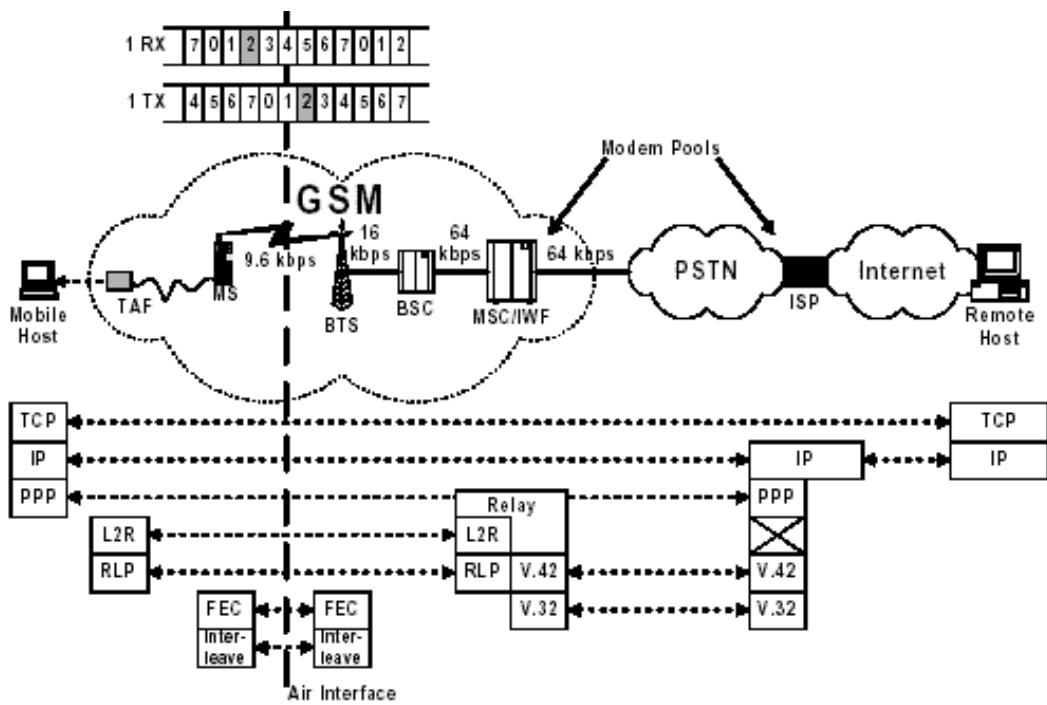
- Pueden funcionar en redes con tecnología o frecuencias de funcionamiento distintas:

Dual band: utilización de la misma tecnología (GSM) pero con frecuencias distintas. Terminales utilizables en GSM 900 y DCS 1800.

Dual mode: se puede conectar a redes tecnológicamente distintas: p.e. GSM y DECT.

### **3.16- TCP/IP sobre GSM:**

Esquema completo de lo que seria la red GSM conectada a internet.



Donde:

PPP: Protocolo Punto a Punto.

RLP: Radio Link Protocol.

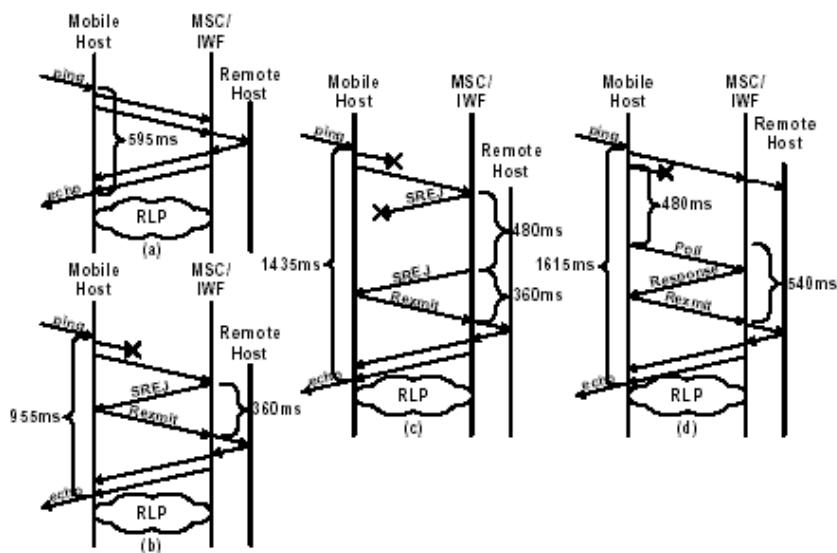
L2R: Protocolo Layer 2 Relay.

V.42/V.32: Protocolos Modems Estándar.

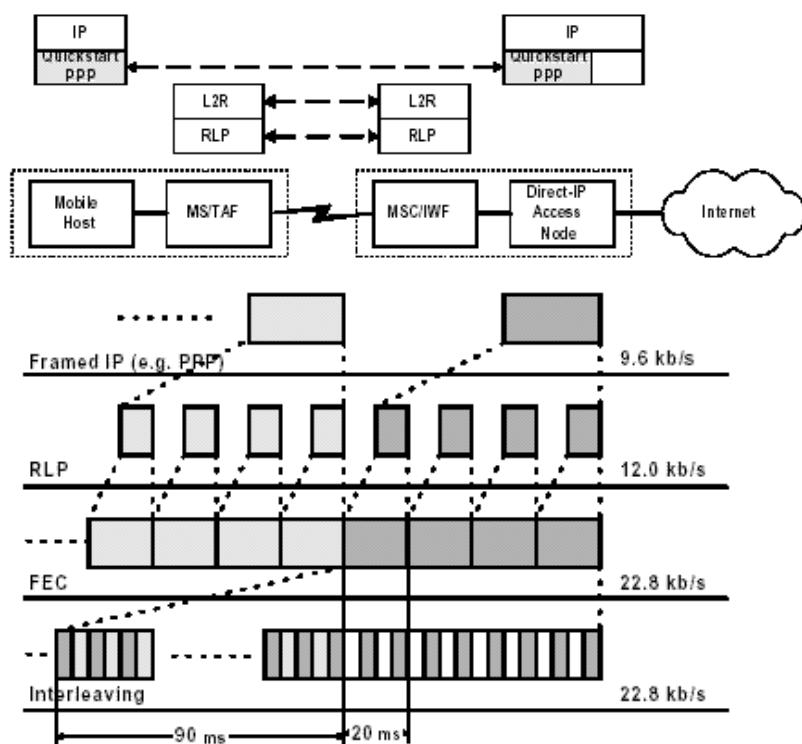
ISP: Proveedor de servicio interno.

TAF: Terminal adaptador de funciones.

El siguiente esquema muestra un posible ping tracer a través de GSM



Transmisión de paquetes IP sobre GSM:



### 3.17- Los problemas del GSM:

- GSM es un sistema de conmutación de circuitos:

Necesidad de mantener una conexión abierta durante todo el tiempo de vida de una transferencia de información (voz o datos).

Para flujo constante (voz), se reservan tantos recursos como el necesario. No se desperdician recursos.

Implica que para flujo variable (datos, www), desperdicio ancho de banda.

En aplicaciones como WWW he de realizar establecimiento de llamada por link a acceder.

- Para tráfico de datos es mejor la conmutación de paquetes:

Cada paquete de datos se transmite de manera independiente.

No se reservan recursos para sesiones de datos. Todas las fuentes son multiplexadas por la red.

No hay establecimiento de llamada, siempre se está conectado a la red y no hay retardos iniciales.

## 4- GPRS (General Packet Radio Service)

### 4.1- Comentarios:

Es una técnica de conmutación de paquetes, comparable al protocolo TCP/IP usado en Internet, y que representa un paso más hacia los sistemas móviles de 3<sup>a</sup> Generación.

El criterio seguido para su desarrollo, es ofrecer comunicación IP sobre la red de distribución actual de GSM. De esta forma se reduce el coste de las inversiones a realizar por los operadores y se introduce un paso previo, generación 2.5, antes de la llegada de la telefonía 3G o UMTS. La implantación de esta técnica supone una importante revolución para las comunicaciones móviles industriales. Las aplicaciones M2M (Machine to Machine) y H2M (Human to Machine) pueden aprovechar las ventajas de esta tecnología.

### 4.2- Ventajas clave sobre GSM:

#### Incremento de velocidad:

Ya hay en el mercado dispositivos industriales capaces de soportar 85.6 Kbps de "bajada" y 21.4Kbps de "subida". Estas tasas de transferencia suponen un incremento importante respecto a la velocidad disponible en GSM. Naturalmente esta velocidad no es comparable a la que puede ofrecer UMTS, pero supone un paso más hacia la capacidad de transferir volúmenes considerables de información.

#### "always on":

Desde el momento en que el equipo remoto (terminal, datalogger, etc) se registra en la red GPRS este no necesita ser reconectado. Aún en el caso de perder la "cobertura" GPRS, cuando esta vuelve a estar disponible, las unidades remotas siguen trabajando en ese entorno. Las características de funcionamiento son similares a las de TCP/IP y esto debe garantizar que la información siempre llega a su destino.

#### Reducción de costes:

En principio los precios de GPRS han sido considerados caros. No obstante, si comparamos el coste de envío de mensajes SMS frente a una conexión GPRS para volúmenes pequeños de información (SMS ofrece solo 160 caracteres) mediante un contrato tipo bono ofrecido por diferentes operadores, el resultado es una drástica reducción de precios en dicho tráfico. Una vez más, pequeños volúmenes de información enviados frecuentemente es el tipo de comunicación que se lleva a cabo en aplicaciones como las anteriormente mencionadas o actualización de paneles informativos, gestión remota de dataloggers, lectura remota de contadores y similares.

Otras aplicaciones como Intranet en Itinerancia empiezan también a ser soluciones viables desde el punto de vista del ROI (Return Of Investment). Además, es de suponer que desde el momento en que varios de los grandes operadores han decidido abandonar "momentáneamente" el desarrollo de aplicaciones UMTS, su concentración en esfuerzos técnicos y en competencia, en la red GPRS hará mejorar las prestaciones y los precios del servicio.

#### **4.3- Conclusión sobre ¿Por que GPRS?:**

En definitiva el gran avance que introduce GPRS para las comunicaciones industriales viene determinado por la posibilidad de dotar a cualquier dispositivo, en cualquier sitio, de soporte de internet sin necesidad de cables. Para acceder a esta funcionalidad tan solo se necesita conectar el módem a un ordenador tipo PC o que la electrónica asociada soporte TCP/IP.

Integración de I-Chip en el propio módem, capaz de interpretar protocolos TCP/IP y re-enviarlos a/desde el módem como comandos AT. Disponible en módulos y terminales.

Equipos que integran procesador Nec V-850 y sistema operativo eCos (Embedded Linux), siendo el propio kernel del sistema operativo el que añade prestaciones TCP/IP al equipo.

En ambos casos, se descarga a la aplicación de usuario de la necesidad de implementar hardware que soporte TCP/IP o hacer el desarrollo partiendo desde cero.

#### **4.4- Arquitectura GPRS:**

- GPRS (*General Packet Radio Services*): red de conmutación de paquetes evolución de GSM.

Coexistencia con GSM:

- Comunicaciones de voz usan antigua red GSM.
- Comunicaciones de datos usan red GPRS.

Comparten dispositivos con GSM, algunos de los cuales deben de ser actualizados.

- Tipos de terminales:

Clase A: realizan transmisiones de voz y datos simultáneamente.

Clase B: pueden realizar transmisión de voz y datos pero no simultáneamente.

Clase C: dispositivos de voz o datos.

- PCU (*Packet Control Unit*): unidad (software) sumada al BSS que proporciona:  
Distinción entre paquetes de datos y de voz. Paso de los mismos a la red GPRS o GSM.

Retransmisión de paquetes GPRS: control de errores.

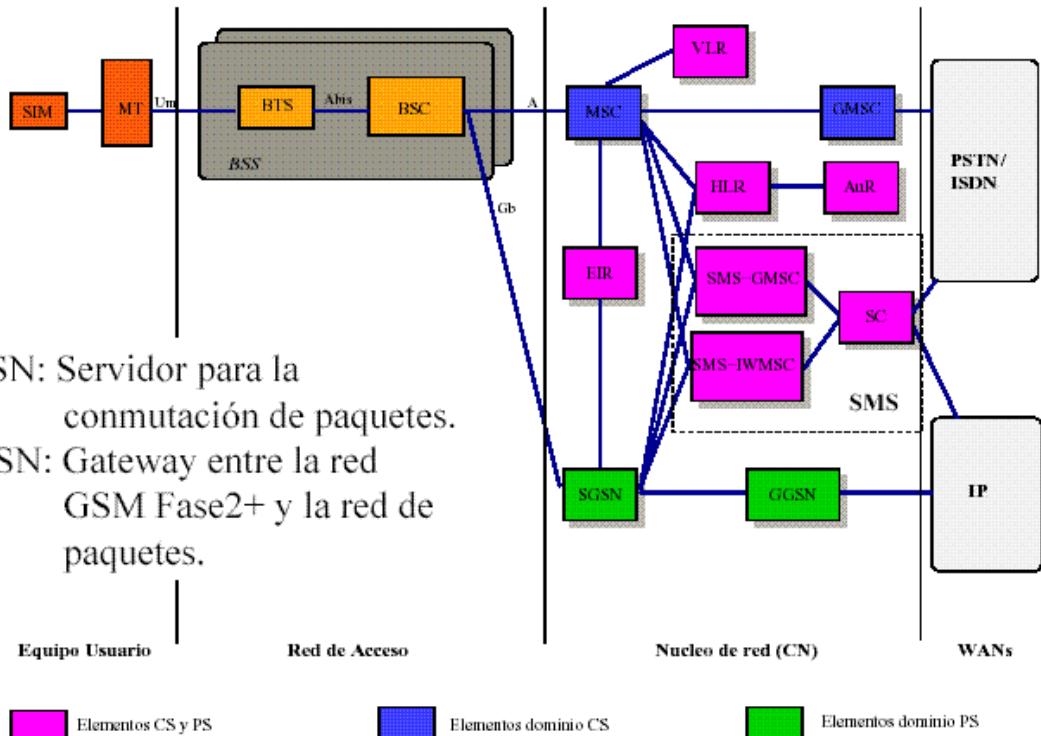
- SGSN (*Serving GPRS Support Node*): punto de acceso del MS a la red GPRS:

Retransmisión de datos entre MS y GCSN.

Autentificación de MS, registro en la red y gestión de movilidad.

Aviso de conexión al MS.

Recogida de datos de facturación.



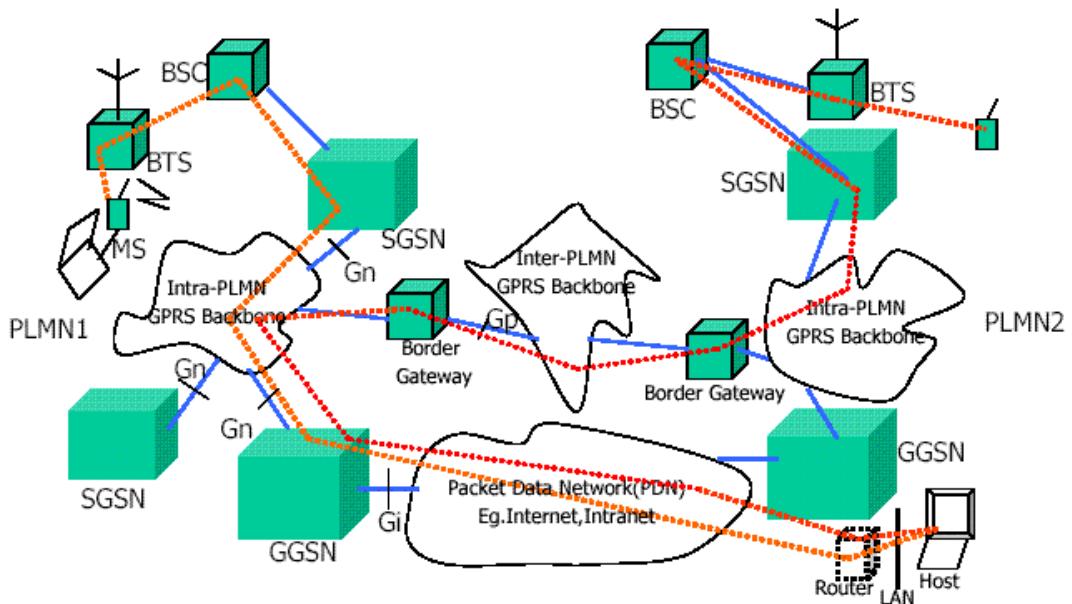
- GGSN (*Gateway GPRS Support Node*): conecta la red GPRS con redes de paquetes externas ocultando la infraestructura GPRS al resto del mundo.
  - Funciones:
    - Recibir (enviar) paquetes desde (a) redes de paquetes externas hacia (desde) el SGSN.
    - Realizar operaciones en la red GPRS en función de mensajes procedentes de la red externa
    - Inicio/fin de transferencia de datos
    - Localización de un terminal...
      - Recogida de información sobre facturación.
      - Garantizar privacidad y seguridad de la red GPRS.
      - Proporcionar direcciones IP a los terminales GPRS mediante direccionamiento dinámico.
      - Realizar traspaso de datos entre SGSNs
    - Handover.
    - Roaming...

#### 4.5- Funcionamiento de GPRS:

- Acceso a la red:
  1. Cuando conectamos un dispositivo GPRS éste escanea canales GPRS.
  2. Localizado un canal envía al SGSN una petición de conexión a la red.
  3. El SGSN autentifica al usuario usando el HLR:
    - Comprobación de usuario válido.
    - Obtención del perfil de servicio.
    - Obtención de claves de encriptado.
  4. Con el perfil de usuario SGSN determina el GGSN usado para encaminar los paquetes. Comunicándose con él.

5. El GGSN determina una IP dinámica para el dispositivo, permitiendo su direccionamiento en Internet.

Esquema del envío y recepción de paquetes:



## 5- BIBLIOGRAFIA

- G. COLOURIS, J. DOLLIMORE, TIM, KINDBERG, **SISTEMAS DISTRIBUIDOS**, Conceptos y Diseño, Tercera edición, Editorial Addison Wesley, 2001.
- IEEE INFOCOM '99
- Mouly M., Pautet M.-B., **The GSM System for mobile Communications**, Cell & Sys, France 1992.

Sitios Web:

Página del dep. de informática – UCLM Albacete  
[www.sonnerie.net/](http://www.sonnerie.net/)