



Arquitectura de comunicaciones Móviles

Redes GSM, GPRS y UMTS

Lic. Pablo Lena
Ing. Anibal Pose



- Años 70: los laboratorios Bell prueban la telefonía celular analógica (telefonía de 1ª generación, 1G). No estandarizada.
- Años 80: se comercializa la 1G, sobre todo en Norte de Europa. Aparecen incompatibilidades entre países. En España, aparece *MoviLine*.
- 1982: El CEPT (*Conference of Europe Posts and Telecom*) crea el *Groupe Special Mobile* (GSM) para estandarizar telefonía 2G
- 1989: La estandarización de GSM se traslada de CEPT a ETSI
- 1991: Se comercializa GSM en Europa (inicialmente 900 MHz)
- 1993: Existen 36 redes GSM en 22 países diferentes
- 2000: Aparece GPRS (General Packet Radio Service, 2,5G). Solución provisional para datos mientras llega UMTS (3G)

Objetivos de GSM



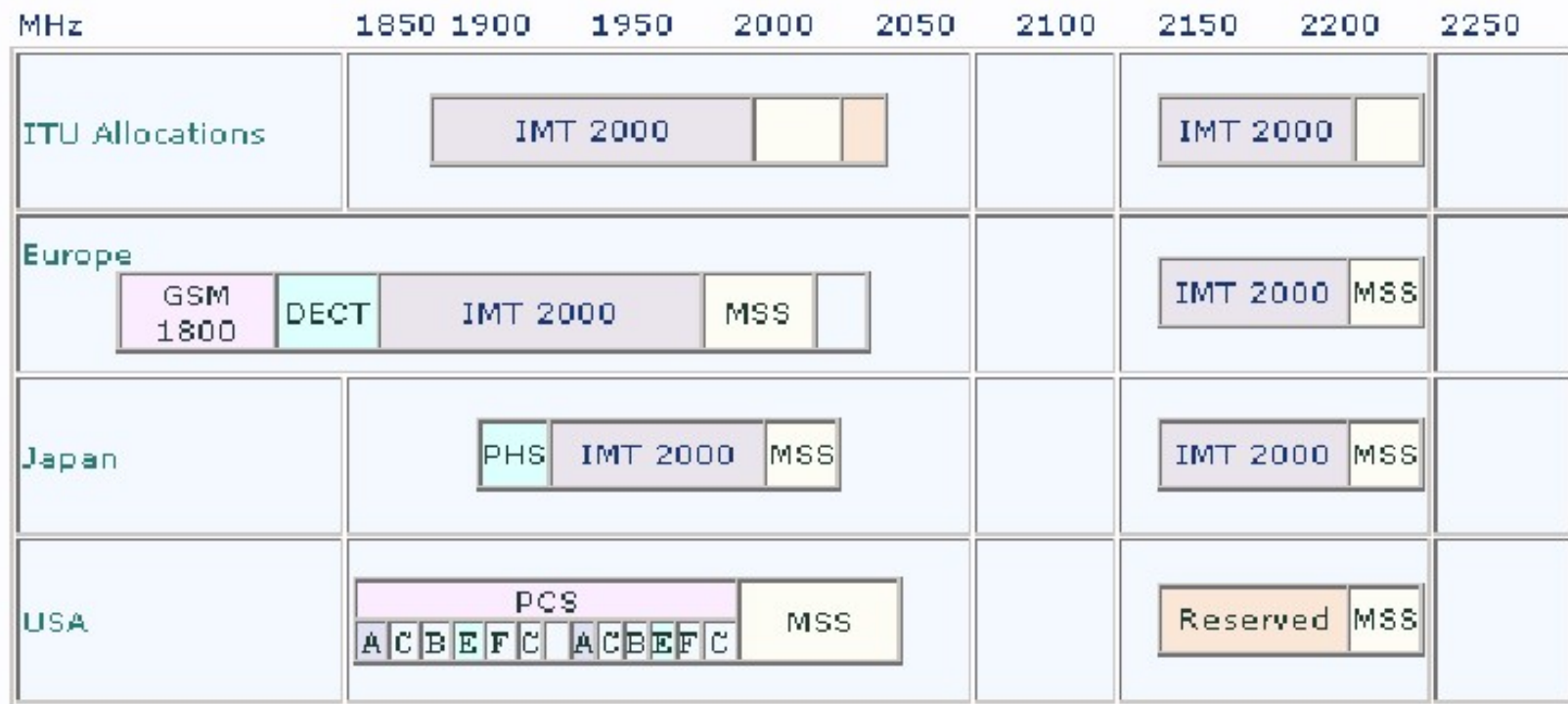
- Uso mas eficiente del espectro que la telefonía analógica, utilizando técnicas de multiplexación en tiempo y frecuencia.
- Incluir *roaming* internacional
- Terminales y sistema de bajo coste
- Buena calidad de voz (comparable a la telefonía fija)
- Ampliación de servicios
- Baja potencia de transmisión: reutilización de canales, al no saturar canales de células vecinas
- Privacidad en las comunicaciones



Tipos de servicio

- Teleservicios: voz, SMS (Short Message Service) de 160 bytes, fax, etc...
- Servicios portadores (datos)
- Servicios complementarios (llamadas en espera, multiconferencias, identificación de llamadas, etc...)

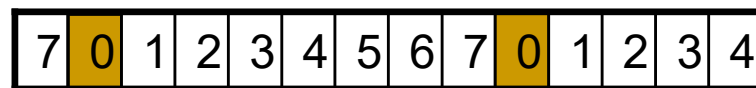
Asignación de frecuencias en telefonía celular digital en el mundo



- GSM, PHS, and PCS are the current systems used for digital wireless communications in Europe, Japan, and the U.S., respectively.
- IMT 2000 (International Mobile Telecommunications) is the official term referring to 3G services.



- Cada canal se divide por TDMA (*Time Division Multiple Access*, Acceso Multiple por Division de Tiempo) en ocho ranuras o 'slots' que dan servicio a otros tantos usuarios:



- La ranura asignada a una comunicación se cambia (en tiempo y frecuencia) a razón de 217 cambios/seg; esto se denomina *frequency hopping* y se hace para evitar interferencias.
- Cada ranura transporta 22,8 Kb/s de información digital 'en bruto'; por ella se puede enviar voz (13,2 Kb/s) o datos (9,6 Kb/s).
- La combinación de una ranura de subida y una de bajada permite una comunicación full dúplex. El número máximo de comunicaciones simultáneas es teóricamente de $124 \times 8 = 992$. Sin embargo muchos canales no se pueden usar para evitar conflicto con las celdas vecinas.



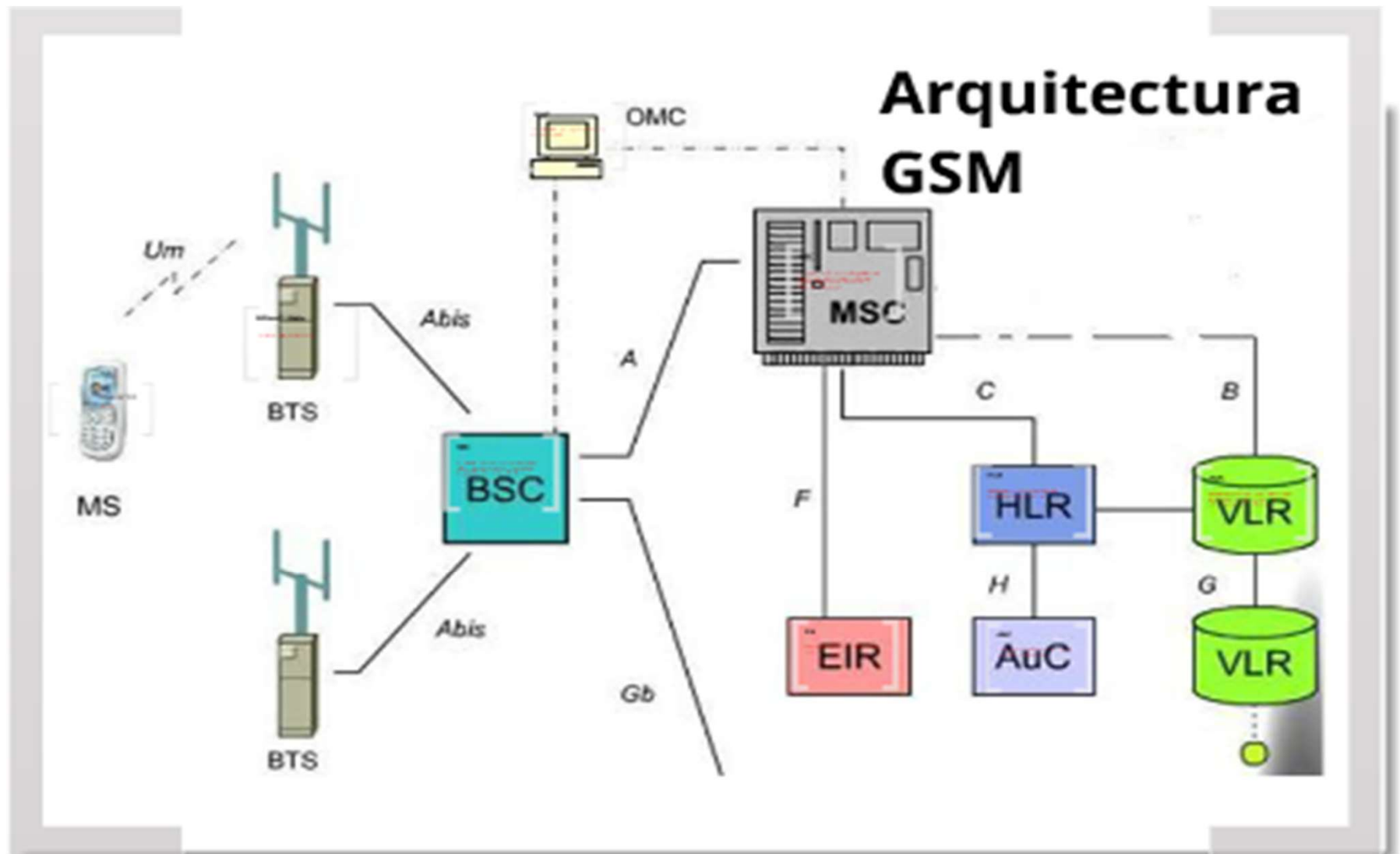
Codificación de voz en GSM

- Como vimos en unidades anteriores, una conversación telefónica normal ocupa en formato digital 64 Kb/s (8.000 muestras de un byte por segundo)
- En GSM la voz se comprime según un algoritmo llamado RPE-LPC (Regular Pulse Excited – Linear Predictive Coder) que da una calidad casi equivalente usando sólo 13,2 Kb/s
- Además en GSM solo se transmite cuando la persona habla (transmisión discontinua o supresión de silencios). Esto supone un ahorro del 60% en el canal y reduce el gasto de batería del emisor.
- Para evitar que el receptor crea que la conexión se ha cortado la transmisión discontinua se acompaña de *ruido de confort*.

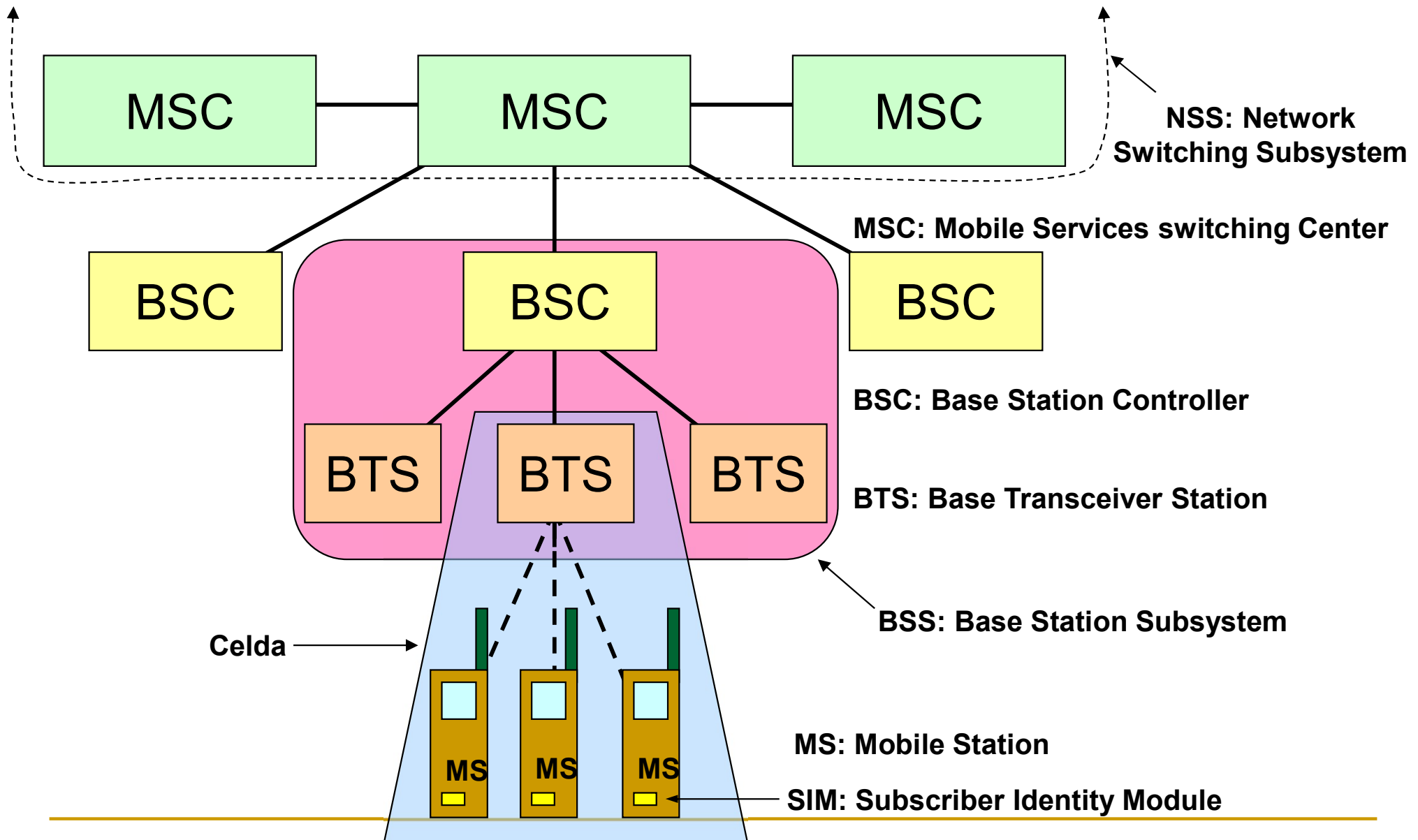


- El área atendida por una estación base (BTS) se denomina celda.
- Todos los usuarios de una misma celda comparten los canales disponibles. Cuanto mas usuarios hay dentro de una celda mas riesgo hay de que se produzca saturación.
- En zonas con elevada densidad de usuarios (ej. ciudades) se tiende a crear celdas pequeñas. En zonas rurales, con densidad pequeña, se prefiere crear celdas grandes.
- Las celdas vecinas se agrupan en clusters. Dentro de un cluster cada canal solo se utiliza una vez, para evitar interferencias.
- Cada cluster está formado por 4, 7, 12 o 21 celdas, según la topología del terreno y las circunstancias concretas de la zona.

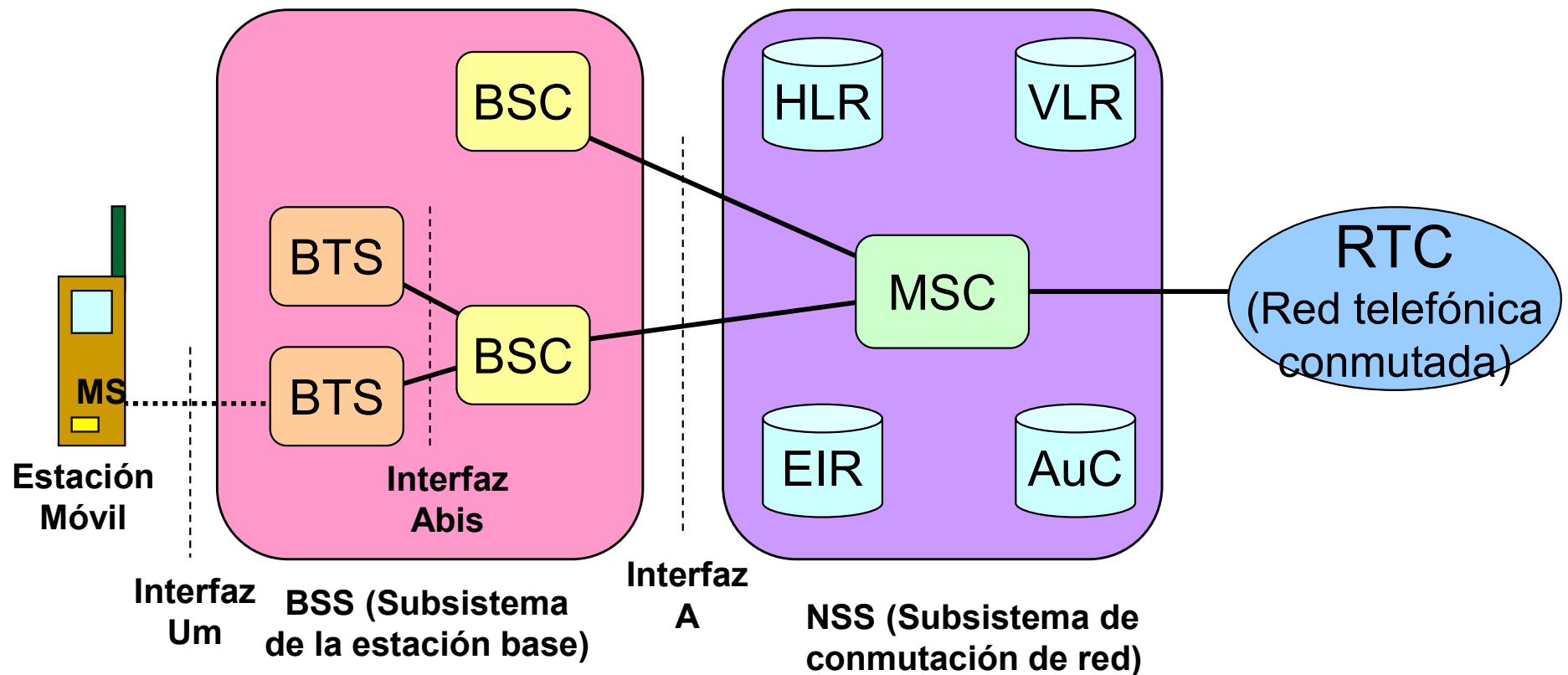
Arquitectura de una red GSM



Arquitectura de una red GSM (1/2)



Arquitectura de una red GSM (2/2)



SIM: Subscriber Identity Module
MS: Mobile Station
BTS: Base Transceiver Station
BSC: Base Station Controller
BSS: Base Station Subsystem

HLR: Home Location Register
VLR: Visitor Location Register
MSC: Mobile Services switching Center
EIR: Equipment Identity Register
AuC: Authentication Center
NSS: Network Switching Subsystem

Mobile Station (MS)



- Mobile Station (MS) con potencia de 0,8 hasta 20 W (coches). Posee un número de serie o IMEI *International Mobile Equipment Identity* (de 15 dígitos)
- Posee un módulo SIM (*Subscriber Identity Module*) protegido con PIN (*Personal Identificacion Number*)
- El módulo SIM contiene el *International Mobile Subscriber Identity* IMSI, que es utilizado para identificación del usuario.



Base Station Subsystem (BSS)

Se compone de dos partes:

- BTS: *Base Transceiver Station*, que incluye transceptor y antenas (laminares o dipolos). Cada BTS define una celda.
- BSC: *Base Station Controller*, se encarga de handovers, saltos de frecuencia (frequency hopping del CDMA). Actúa como concentrador de tráfico.

NSS: Network Switching Subsystem (1 / 3)

Esta formada por ocho componentes:

1. *MSC (Mobile Services Switching Center)*: Es el componente central del NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes.
2. *GMSC (Gateway Mobile Services Switching Center)*: es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware) que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan, por ejemplo con la telefonía fija.

NSS: Network Switching Subsystem (3/3)

7. *Home Location Register (HLR)*: base de datos distribuida (*única por red GSM*) que contiene información sobre localización y características de los usuarios conectados a cada MSC.
8. *Visitor Location Register (VLR)*: contiene toda la información sobre un usuario de otra red necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red (información extraída del HLR y MSC).

NSS: Network Switching Subsystem (2/3)

3. *AuC (Authentication Center)*: se encarga de la autenticación de los usuarios (utilizando el IMSI del módulo SIM).
4. *EIR (Equipment Identity Register)*: proporciona seguridad a nivel de equipos válidos. Contiene una base de datos con los IMEI de todas las MS autorizadas en la red. Si una MS cuyo IMEI no está en el EIR trata de hacer uso de la red se le rechaza.
5. *GIWU (GSM Interworking Unit)*: sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para comunicación de datos.
6. *OSS (Operation Support Subsystem)*: controla y monitoriza la red GSM

Estación Base GSM



17

14

Roaming



- Se produce cuando tratamos de identificarnos y el terminal no es capaz de encontrar la red.
- Permite que un usuario haga uso de una red foránea (si el operador tiene acuerdo y el roaming está habilitado)
- La red foránea obtiene el HLR del usuario y lo incorpora en su VLR.
- El usuario visitante corre a cargo con el costo extra cuando recibe una llamada.



Handover

- Al menos una vez por segundo el terminal GSM evalúa las posibles alternativas a la estación base actual
- El terminal intenta cambiar a otra estación base cuando:
 - ❑ La señal actual no cumple un nivel de calidad mínimo, o
 - ❑ Otra estación base ofrece una señal de mayor calidad
- El cambio de estación se denomina *handover* o *handoff*. Tipos de *handover*:
 - ❑ De canales en la misma celda,
 - ❑ De celdas (BTS) dentro de la misma BSC
 - ❑ De celdas de BSCs diferentes pero que dependen del mismo MSC
 - ❑ De celdas que dependen de diferente MSC

GPRS (General Packet Radio Service)



- Es una tecnología para la transmisión de datos en redes móviles GSM. Conexión de 'alta' velocidad.
- Utiliza misma infraestructura radio que GSM.
- Supone una nueva red de conmutación superpuesta a la red convencional GSM.
- Uso de paquetes, no orientado a conexión --> uso más eficiente del espectro
- Los usuarios están “permanentemente conectados”
- Conocido como GSM-IP pues utiliza la red GSM para acceder a Internet.

Envío de datos con GPRS

- ¿Por qué surge GPRS?
 - Los servicios de datos en GSM son difíciles de acceder, ofrecen poco ancho de banda y muy caros
- Se ofrecen servicios de datos extremo a extremo sobre la infraestructura GSM
- 1994 Comienza su estandarización en ETSI
- 1997 Se aprueba el conjunto principal de normas
- 1999 Se completa la estandarización
- 2000 Se desarrollan productos y comienza su puesta en marcha
- **GPRS se convertirá en la base de partida de la telefonía móvil de 3ª Generación**



Conmutación de paquetes *vs* circuitos

Conmutación de circuitos:

- Necesidad de establecimiento de conexión
- Canal dedicado (1:1)
- Facturación basada en tiempo de conexión
- Posibilidad de aplicaciones en tiempo real
- Una sobrecarga en el sistema resulta en una señal de ocupado

Conmutación de paquetes:

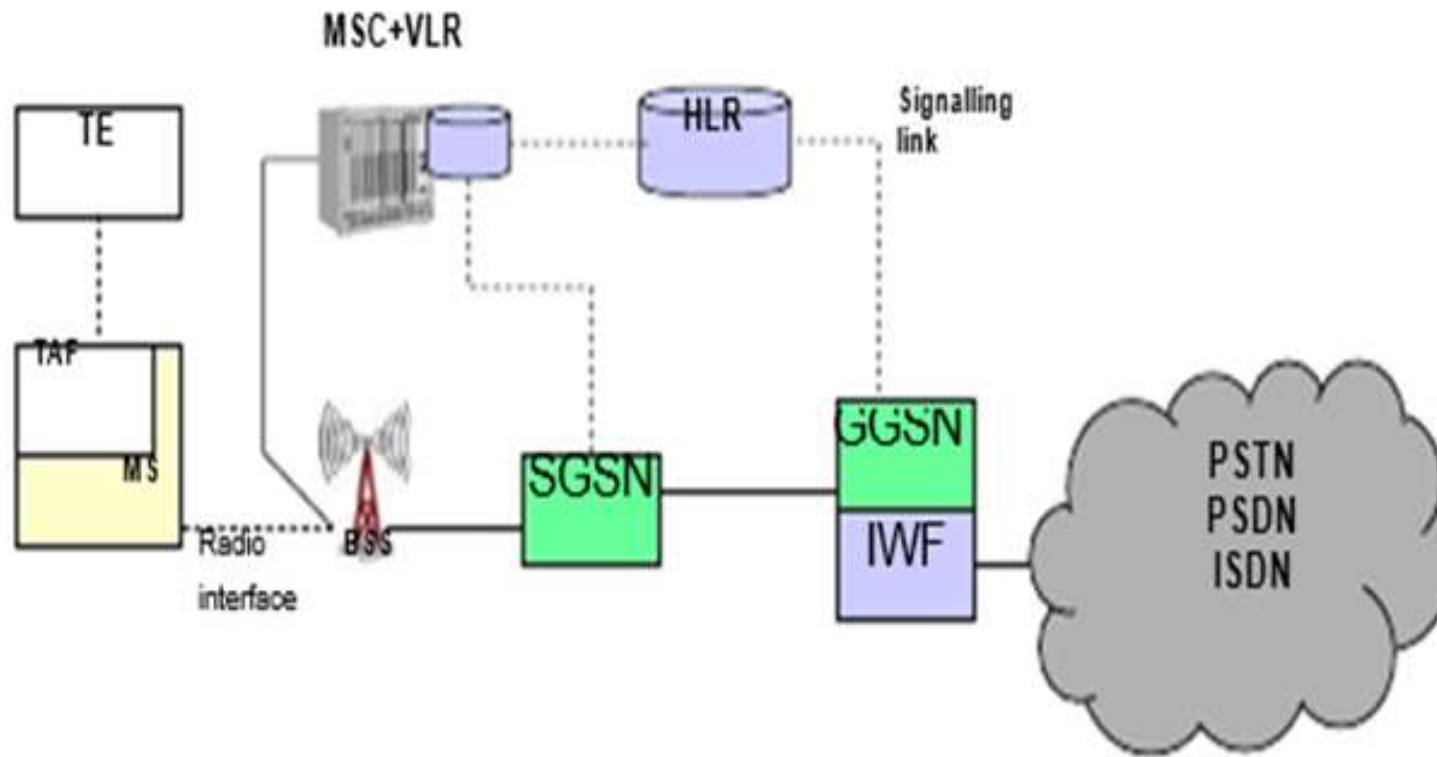
- Sin establecimiento de conexión
- Canal compartido (1:N / N:M)
- Facturación basada en información transmitida
- Sólo permite aplicaciones en *near real time*
- Una sobrecarga en el sistema resulta en una disminución de la velocidad

Características de GPRS



- La facturación se realiza por cantidad de datos transmitidos, no por tiempo.
- El usuario puede estar siempre conectado (*always on*), ya que sólo se factura por tráfico
- Los canales son compartidos por varios usuarios
- Se puede recibir simultáneamente voz y datos (terminales clase A)
- Alcanza velocidades de hasta 171,2 Kb/s
- Incorpora un *backbone* para transmisión de datos en modo paquete, paralelo al de modo circuito
- Las aplicaciones GPRS pueden ser punto a punto y punto a multipunto (p.ej. información de tiempo, tráfico, noticias, ...)

Topología general de GPRS



HLR: Home Location Register
VLR: Visiting Location Register
MSC: Mobile Switching Center
MS: Mobile Station
BSS: Base-Station Subsystem
TAF: Terminal Adaptation Function Network

SGSN: Serving GPRS Support Node
GGSN: Gateway GPRS Support Node
TE: Terminal Equipment
IWF: Interworking Function
PSTN: Public Switched Telephone Network
PSDN: Public Switched Data

SGSN, GGSN, GR



Serving GPRS Support Node (SGSN)

Información de los suscriptores
Micro-movilidad
Establecimiento túneles GTP



Gateway GPRS Support Node (GGSN)

Destino de los túneles IP desde el terminal
Gestión de túneles GTP y contextos PDP
Macro-movilidad



GPRS Register (GR)

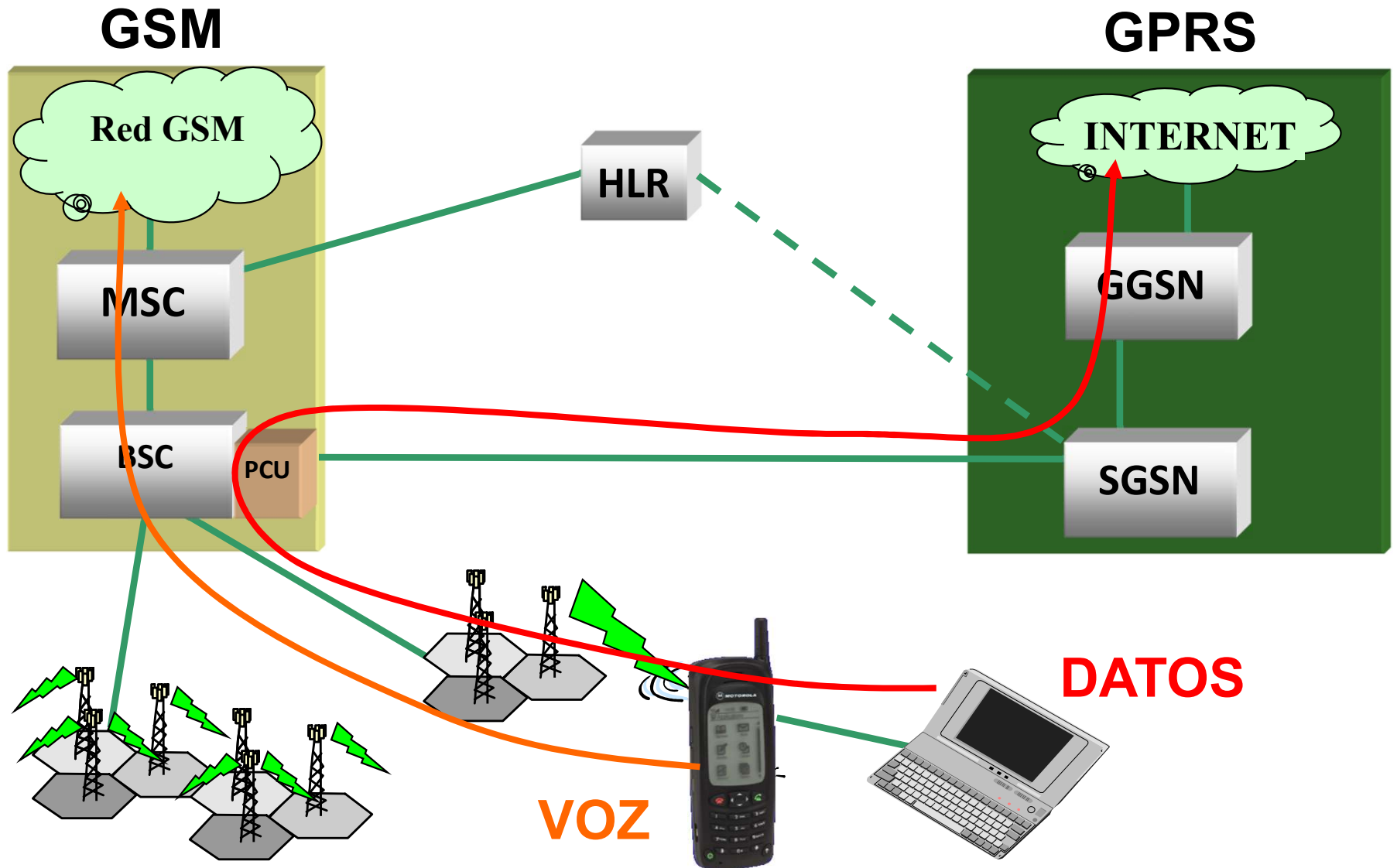
Parte del HLR
Almacenamiento de los contextos PDP permitidos

Arquitectura GPRS (1/4)

Los 2 elementos fundamentales de la arquitectura GPRS son SGSN y GGSN:

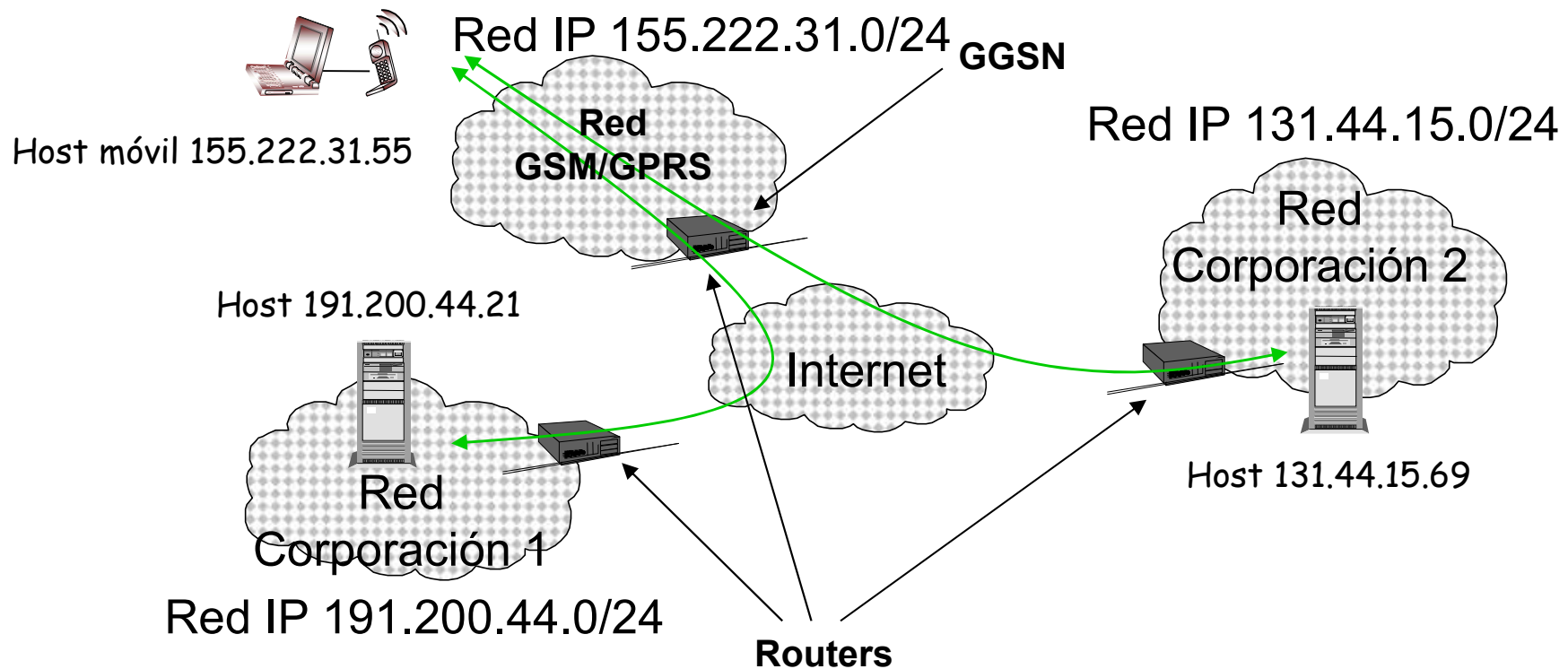
- SGSN (*Serving GPRS Support Node*)
 - Es el elemento que gestiona todas las funciones de movilidad, autenticación y registro en la red de las estaciones móviles.
 - Está conectado al BSC y es el punto de acceso a la red GPRS cuando un terminal solicita este servicio.
 - Cuando una estación quiere enviar/recibir datos hacia o desde redes externas, el SGSN intercambia los datos con el pertinente GGSN. Encapsula los paquetes.
- GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)
 - Se conecta a redes externas como Internet o X.25.
 - Es un dispositivo de encaminamiento hacia una subred ya que hace que la infraestructura de la red GPRS sea transparente vista desde fuera.
 - Cuando recibe datos dirigidos hacia un usuario específico, comprueba si la dirección está activa, y en caso afirmativo, envía los datos al SGSN.
 - Encamina hacia la red correspondiente los datos que origina el móvil.

Arquitectura GPRS (2/4)



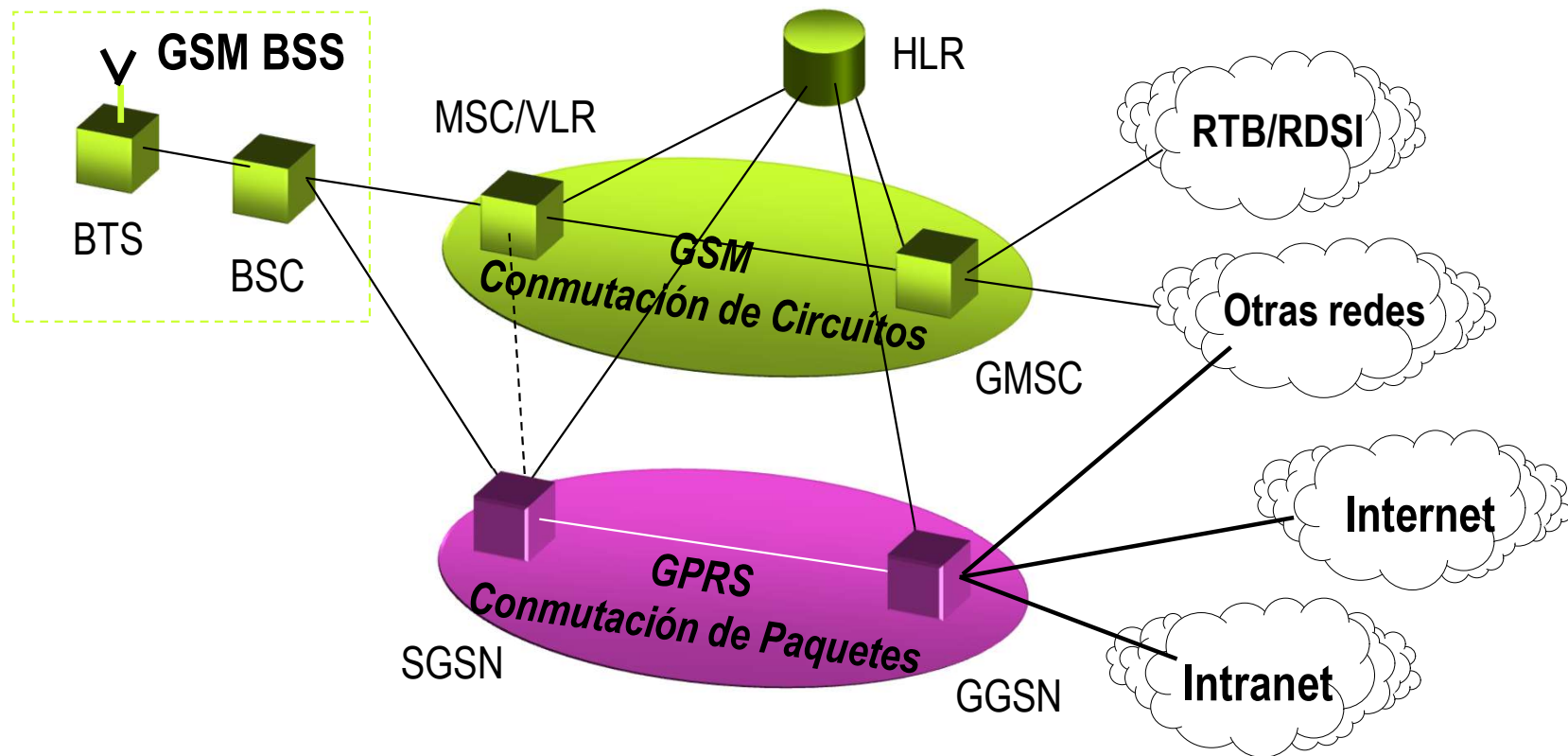
Arquitectura GPRS (3/4)

El GGSN se comporta como un *router*, de forma que “camufla” las características especiales de la red GPRS desde el punto de vista de la red externa



Arquitectura GPRS (4/4)

La red GPRS es una nueva red de *Conmutación de Paquetes* que se superpone y convive con la estructura de *Conmutación de Circuitos* propia de GSM



Tráfico de datos en GPRS



- GPRS utiliza las mismas ranuras TDM que GSM, con cuatro posibles *esquemas de codificación*:

CS-1	CS-2	CS-3	CS-4
9,05 Kb/s	13,4 Kb/s	15,6 Kb/s	21,4 Kb/s

- Se pueden usar varias ranuras de un mismo canal en una misma comunicación. La velocidad máxima teórica es de $21,4 * 8 = 171,2$ Kb/s
- El número de ranuras y la codificación empleadas son negociados entre la red y el usuario
- Se distingue entre la información real y la útil transmitida

Asignación de slots en GPRS

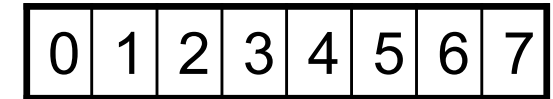


- Los slots se asignan dinámicamente según necesidades.
- Se asignan por separado para cada sentido, pudiendo establecer *conexiones asimétricas*.
- Ejemplos de asignación de slots en tramas TDMA:

1:1	{	Enlace Ascendente	<table><tr><td>7</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4
		7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4		
Enlace Descendente	<table><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1		
4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1				
2:2	{	Enlace Ascendente	<table><tr><td>7</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4
		7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4		
Enlace Descendente	<table><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1		
4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1				
1:4	{	Enlace Ascendente	<table><tr><td>7</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4
		7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4		
Enlace Descendente	<table><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1		
4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1				

Velocidad en GPRS

Cada canal de radio: 8 ranuras

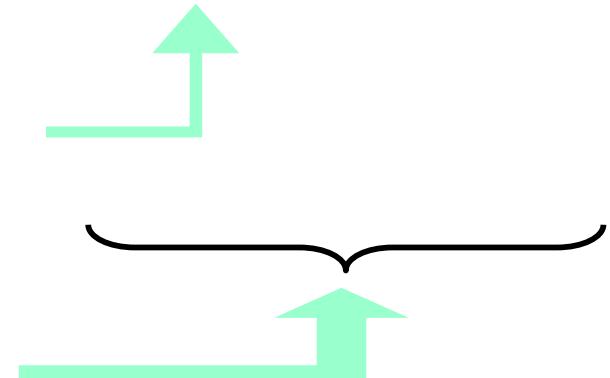


GSM: 1 conexión □ 1 ranura

1 conexión para datos □ 9.6 Kb/s

GPRS emplea hasta 8 ranuras

(un canal completo):



Esquema de codif.	Tasa por conexión (Kb/s)	Veloc. Max. Teórica (Kb/s)
CS-1	9,05	72,4
CS-2	13,4	107,2
CS-3	15,6	124,8
CS-4	21,4	171,2

2 tipos de conexiones en GPRS:

- Estáticas: se usan única y exclusivamente para datos.
- Dinámicas: se usan para voz o datos. La voz tiene prioridad.

Direccionamiento en GPRS



El direccionamiento se realiza por medio de direcciones IP

- **Según la naturaleza** de estas direcciones tendremos:
 - ❑ **Direcciones IP Privadas:** accesibles sólo dentro de un entorno determinado dentro de la red
 - ❑ **Direcciones IP Públicas:** accesibles desde cualquier punto de Internet
- **Según la asignación** de estas direcciones tendremos:
 - ❑ **Direcciones IP Estáticas:** estas direcciones irán asociadas de forma estática vía el HLR
 - ❑ **Direcciones IP Dinámicas:** estas direcciones se obtienen de unos *pools* de direcciones gestionados bien por el Operador de la red bien por una Entidad Externa (como un servidor DHCP).

Clases de terminales móviles GPRS (1 / 2)

CLASE C

El terminal sólo puede usarse para datos o para voz (pero no ambos) en función de la configuración elegida. Se esperan en forma de tarjeta para introducir en PC portátil

Útiles en servicios de telemetría, telecontrol, etc ...

CLASE B

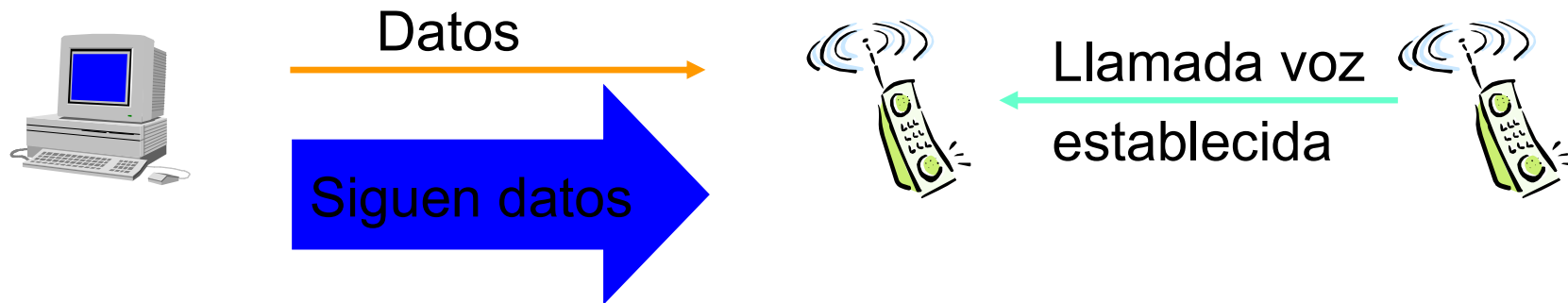
Se pueden realizar y recibir llamadas en voz o en datos de manera secuencial.

Son los terminales disponibles (año 2002)

Clases de terminales móviles GPRS (2/2)

CLASE A

Soportan tráfico simultáneo. El usuario puede hacer y recibir llamadas en los 2 tipos de servicio sin interrupción de ninguno de ellos



UMTS (Universal Mobile Telecom System o Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles)

UMTS significa Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles, desarrollado en base a los estándares 3GPP. Su red se compone de tres partes principales UE (Equipo de usuario), Red de acceso de radio (RAN) y Red central. Hay varias tecnologías que se incluyen en UMTS según diferentes versiones de la comunidad 3GPP. También se conoce como 3G.

Orígenes de UMTS

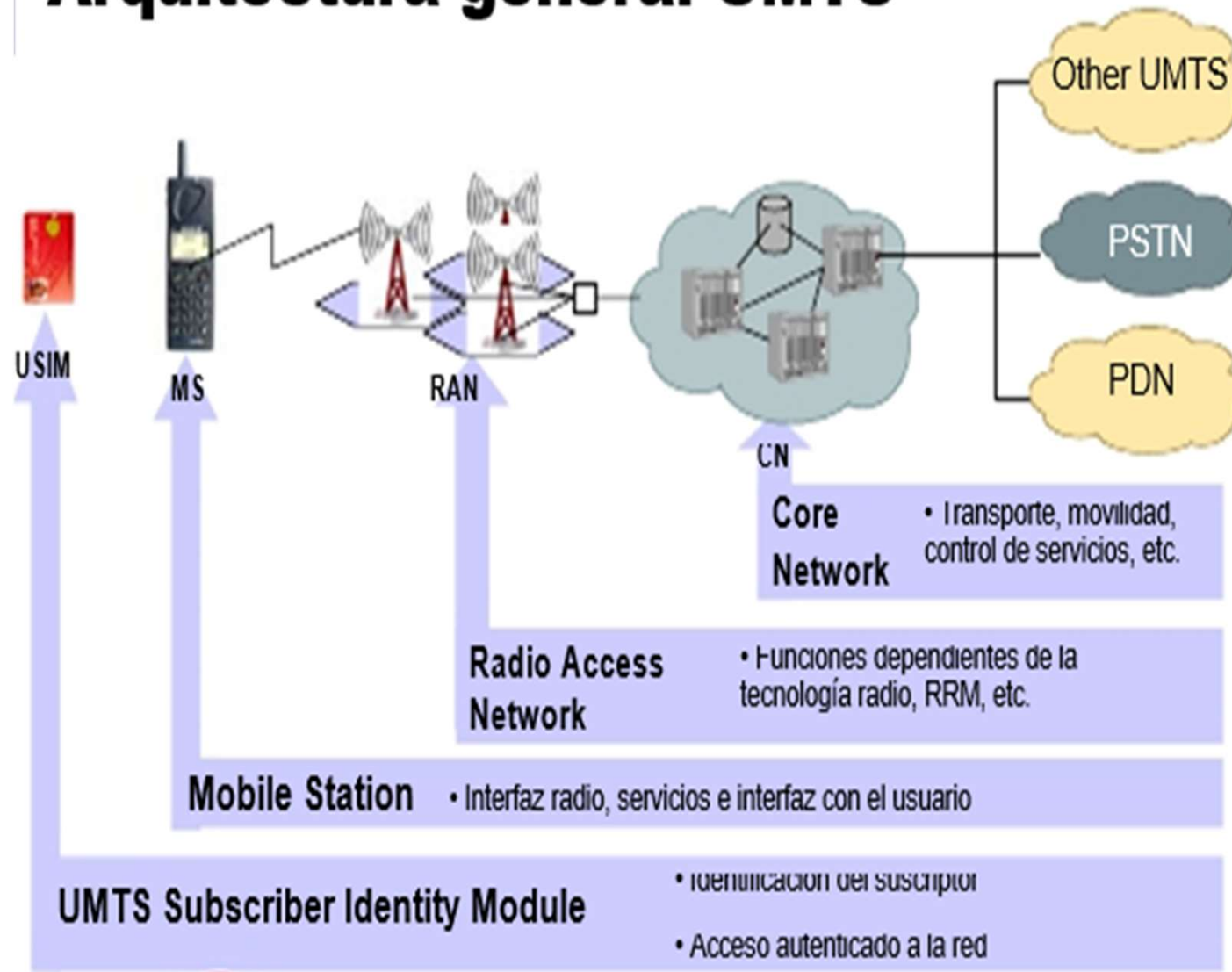
- Desde 1992 – 1998 no existió la idea de un estándar común para 3G. En general, investigaciones y mejoras a 2G sin integración.
- En Dic. 1998 se establece el 3GPP (www.3gpp.org) como organización para coordinar la producción de estándares conjuntos entre diferentes foros de estandarización (ETSI, ARIB, CWTS, T1, TTA, TTC)
- Inicialmente 3GPP se creó para generar especificaciones técnicas para un estándar común para redes de 3G extendiendo el núcleo de red de las redes GSM
- Actualmente también se encarga de la estandarización de mejoras a tecnologías de GSM como GPRS o EDGE
- Para asegurar que la visión americana se tenía en cuenta se creó 3GPP-2 que usa como base de trabajo IS-95
- Releases de UMTS:
 - UMTS R99
 - UMTS R4
 - UMTS R5
 - UMTS R6
 - UMTS R7,...

UMTS (Universal Mobile Telecom System)

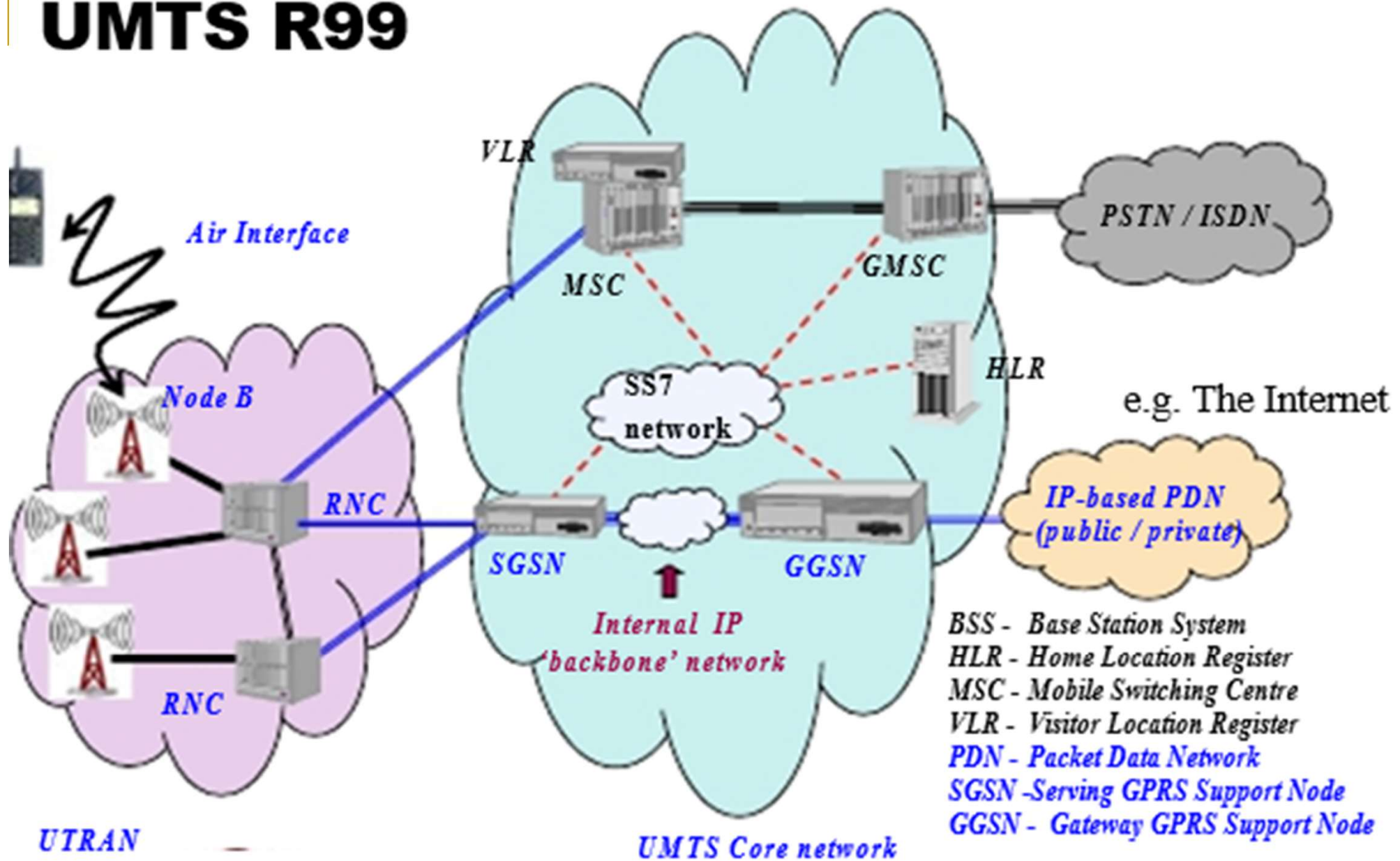


- Nueva tecnología radio, red de 3ª generación (3G)
- Red con mayor capacidad, completamente basada en conmutación de paquetes
- Mayores velocidades de datos: hasta 2 Mbps en condiciones estáticas (a menos de 10 km/h) y hasta 384 kbit/s con movilidad (en espacios abiertos)
- Nuevos terminales (más potentes, con posibilidad de ser sistemas abiertos y de ejecutar un sistema operativo).
- Nueva tarjeta SIM.
- Basado en la tecnología de WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) que emplea espectro disperso. Permite enmascarar señales con cadenas pseudoaleatorias para compartir mismo medio
- Pretende introducir VozIP (VoIP) y IPv6 sobre backbone

Arquitectura general UMTS



UMTS R99



User Equipment (UE)



Interacción con nodo B

Corrección de errores (FEC),
Modulación, control de potencia,
medidas radio (S/N, quality, etc)

Interacción RNC

Señalización para establecimiento de
sesión, ejecución de handovers,
cifrado y descifrado, etc.

Interacción con la CN

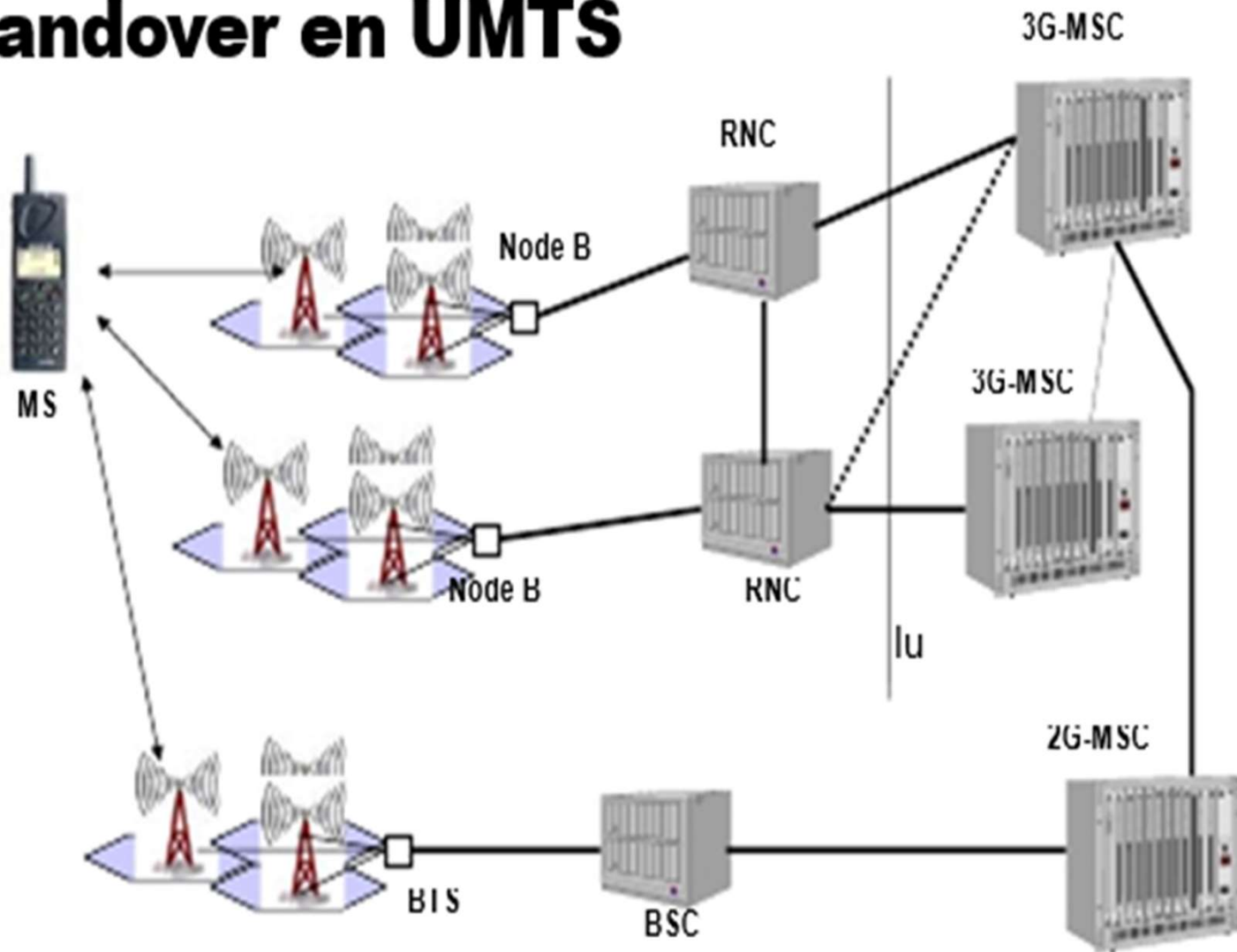
Envío de información sobre location
area, negociación de la QoS, solicitud
de servicios, etc

Nodo B

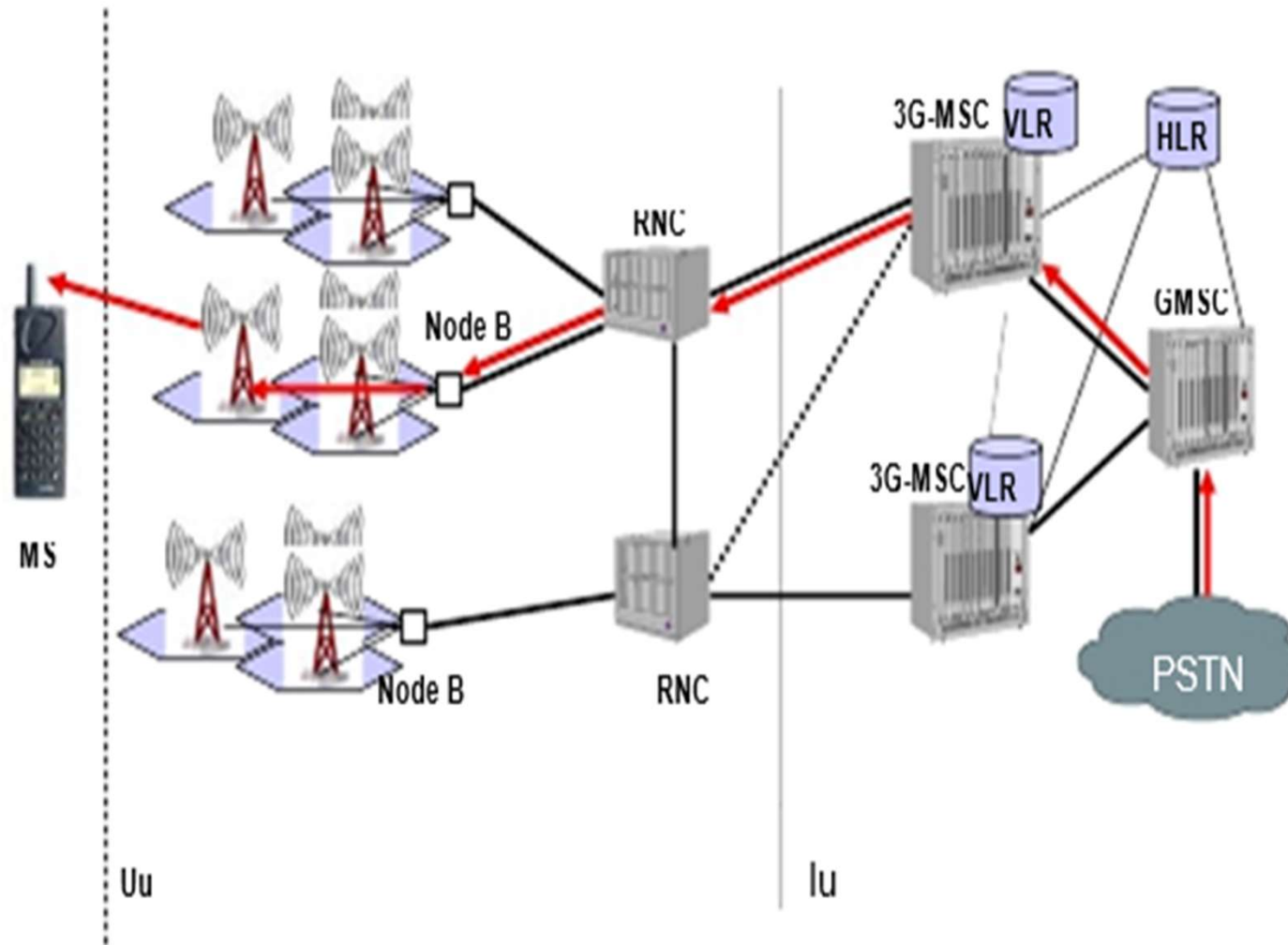


- Es el equivalente a la BTS en GSM
- Se encarga básicamente del nivel físico
- Un nodo B puede gestionar una o varias celdas. Se conecta al RNC por el interfaz fijo.
- Tres tipos de Nodo B:
 - UTRA FDD
 - UTRA TDD
 - Dual-mode
- La conexión con el RNC se hace empleando ATM como tecnología subyacente
- El enlace Nodo B – RNC es muy crítico a retardos ya que tanto el UE como el Nodo B enviarán sus medidas de calidad del enlace que usará el RNC para tomar las decisiones de handover

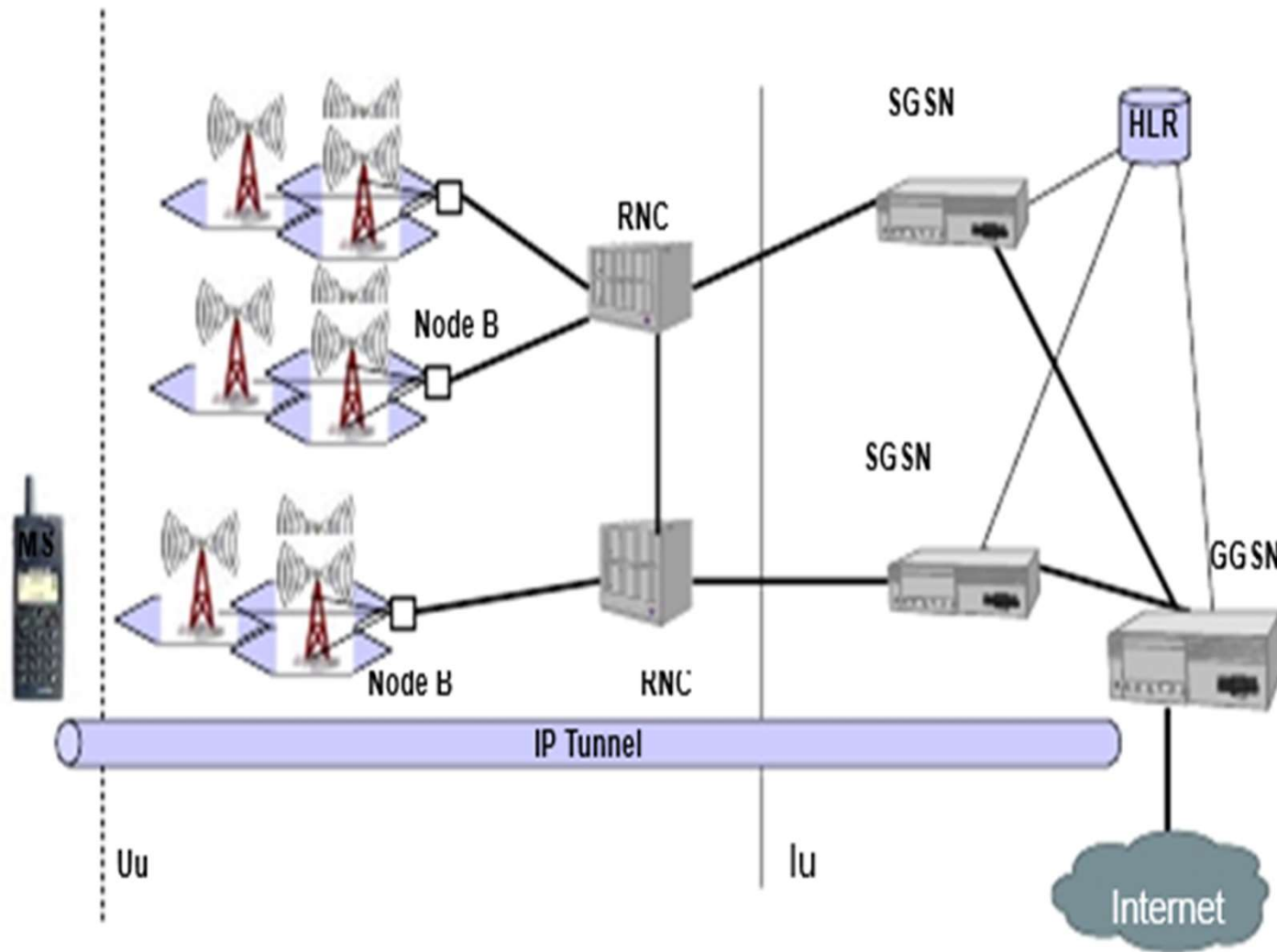
Elementos que intervienen en un handover en UMTS



Encaminamiento de llamada entrante



Encaminamiento de paquetes



45

UMTS *vs* GPRS

Problemas de UMTS:

- Dudosa interoperabilidad de equipos de red (p.ej entre Europa, EEUU y Japón)
- Dudosa disponibilidad de terminales (problemas de consumo)
- Cobertura sólo en ciudades de más de 250.000 habitantes
- Poca madurez y dudosa comercialización

Ventajas de GPRS:

- Desarrollo de Aplicaciones novedosas que serán utilizables en UMTS
- Estímulo de los usuarios (especialmente empresas) en el uso de aplicaciones de transmisión de datos en un entorno celular
- Aprendizaje del operador en este nuevo mercado y en la nueva tecnología de datos