

Bloque I: Fundamentos

Tema 2: *Tecnologías inalámbricas*

Internet Móvil

Máster en Ingeniería Informática



Pedro García Teodoro

Dpto. Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones

Índice

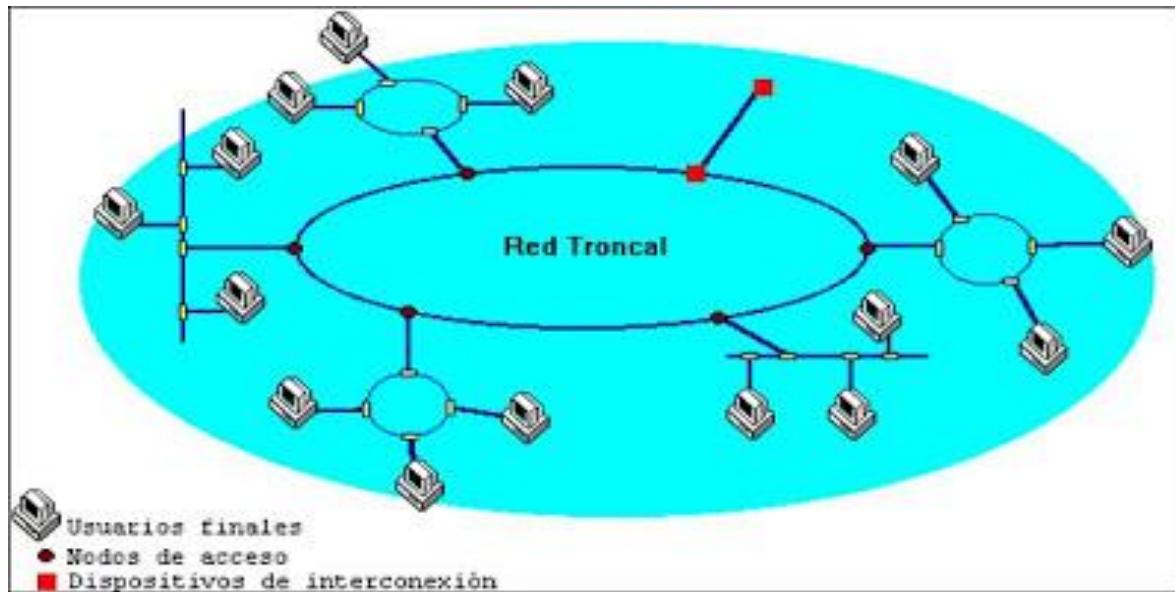
1. Conceptos básicos
2. IEEE 802.11
3. Bluetooth
4. Zigbee
5. NFC
6. Sistemas celulares
7. WiMAX
8. Sistemas satélite



1. Conceptos básicos

■ Tipos de redes:

- Tamaño*: BAN / PAN / HAN / LAN / MAN / WAN
- Fin*: datos / voz / almacenamiento / ...
- Medio*: cableadas / fibra / inalámbricas / microondas ...
- Topología*: bus / punto-a-punto / anillo / ...
- Jerarquía*: usuario / acceso / transporte



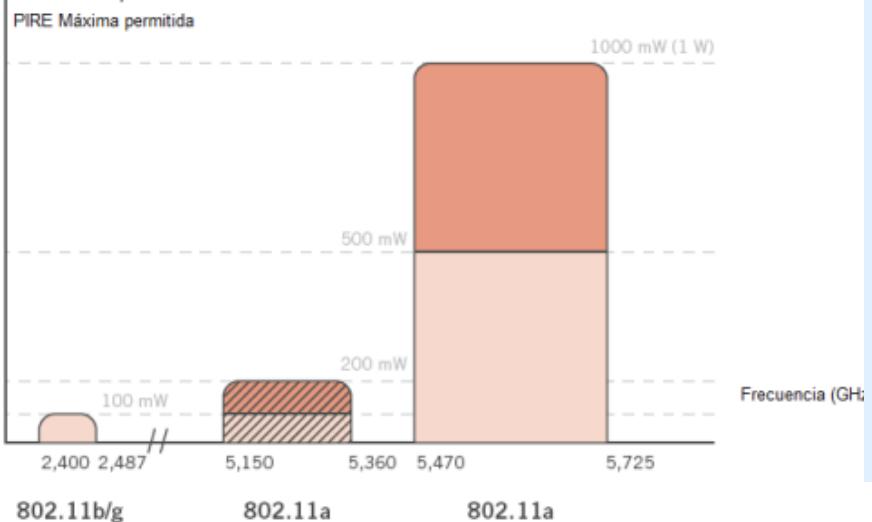
Índice

1. Conceptos básicos
2. IEEE 802.11
3. Bluetooth
4. Zigbee
5. NFC
6. Sistemas celulares
7. WiMAX
8. Sistemas satélite

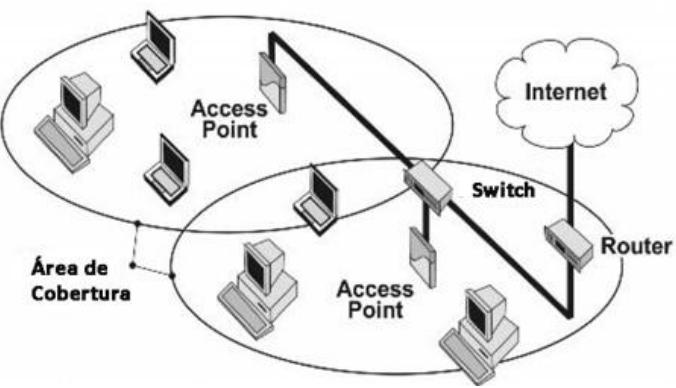


2. IEEE 802.11 (i)

Sistemas:

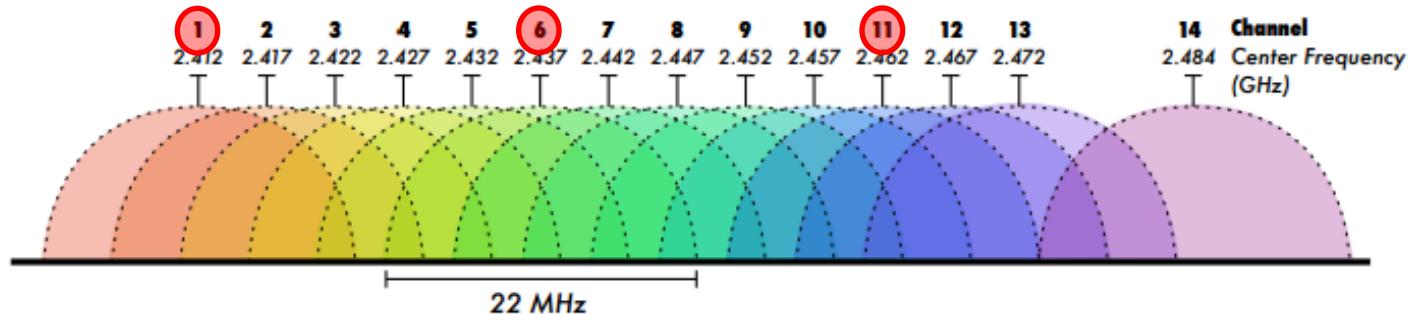


Infraestructura vs. ad hoc:

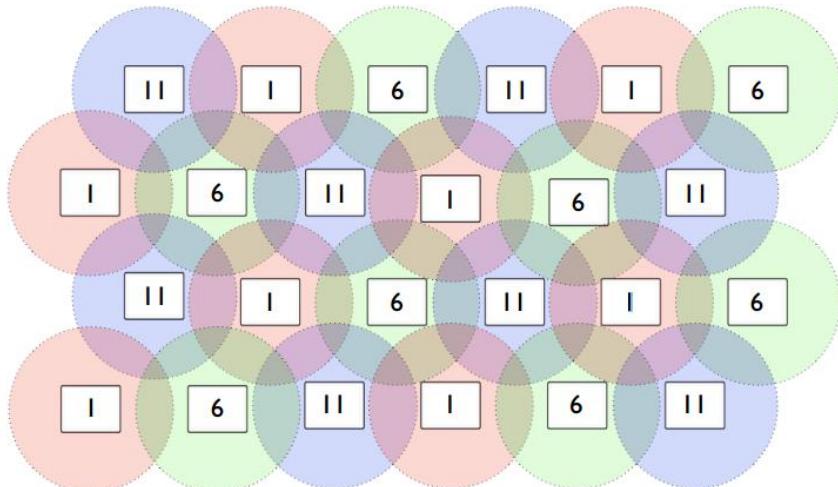


2. IEEE 802.11 (ii)

- Banda ISM 2,4 GHz (22 MHz/canal; 5MHz separación)
 - Regulación española (CNAF): UN-85 (2400-2483,5 MHz)
UN-128 (5 GHz)

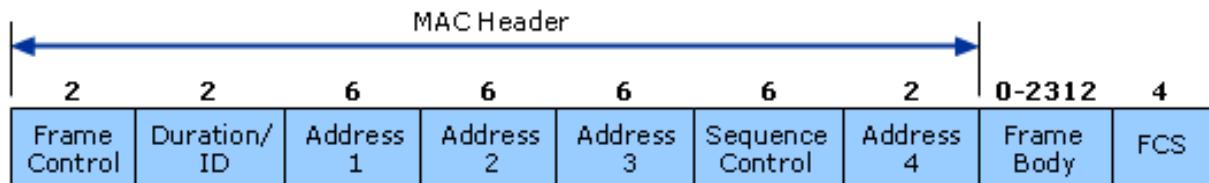


- Reutilización de frecuencias en AP:

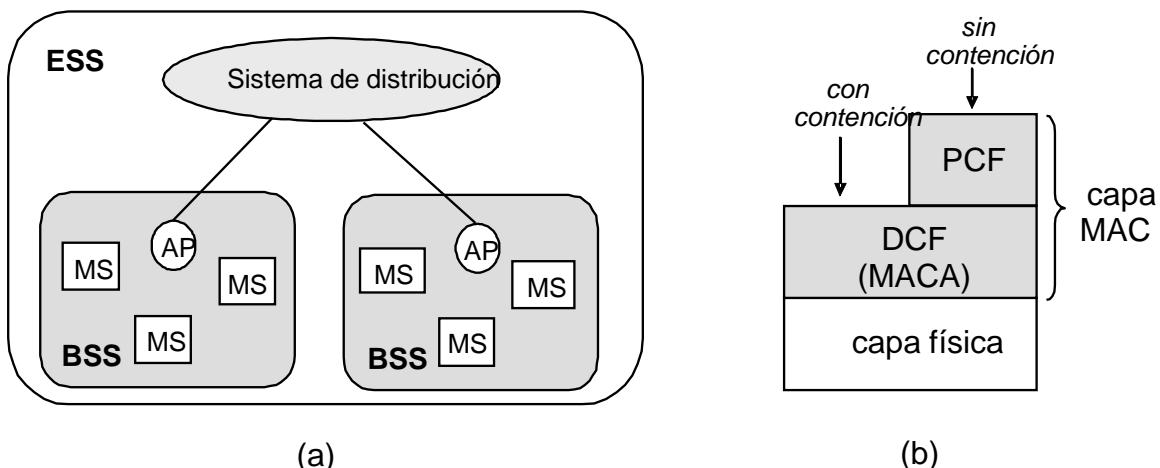


2. IEEE 802.11 (iii)

■ Tramas MAC:

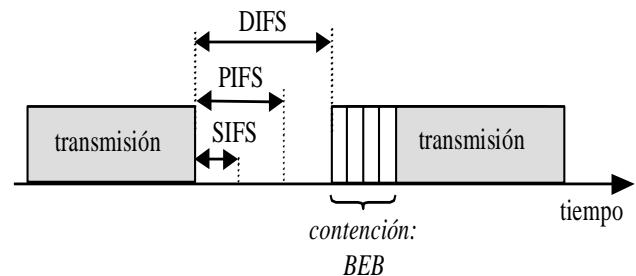
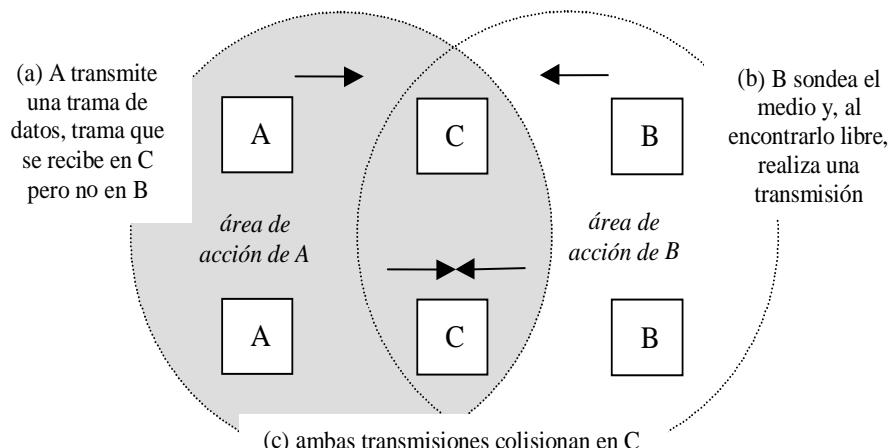


- Arquitectura (a): BSS + ESS + sistema distribución
- Protocolos (b): DCF (MS) + PCF (AP) \Rightarrow DFWMAC



2. IEEE 802.11 (iv)

- Acceso PCF (AP): sondeo MS
- Acceso DCF (MS):
 - CSMA y el problema de la estación oculta
 - CSMA/CA → sondeo de portadora virtual (RTS + CTS)



- Acceso en 802.11: CP + CFP → supertrama
- Seguridad IEEE 802.11 → 802.11i

Índice

1. Conceptos básicos
2. IEEE 802.11
3. Bluetooth
4. Zigbee
5. NFC
6. Sistemas celulares
7. WiMAX
8. Sistemas satélite



3. Bluetooth (i)



- PAN inalámbrica
- Desplazó a IrDA (*Infrared Data Association*)
- Originalmente definido en IEEE 802.15.1
- Iniciales rúnicas de *Harald Blatand*
- 24 Mbps en USB 3.0 + HS (*high speed*)
- Aplicaciones varias de ocio y profesionales

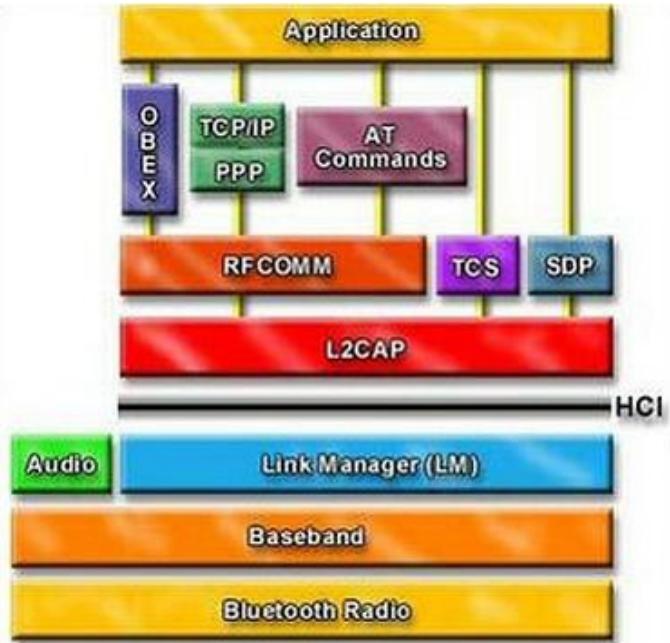
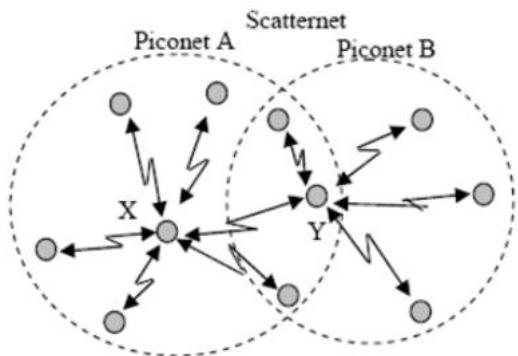
- 3 clases:



Clase	Pot. Máx.	Pot. Mín.	Alcance
1	100 mW	1 mW	100 m
2	2,5 mW	0,25 mW	10 m
3	1 mW	NA	1 m

3. Bluetooth (ii)

■ Pila de protocolos

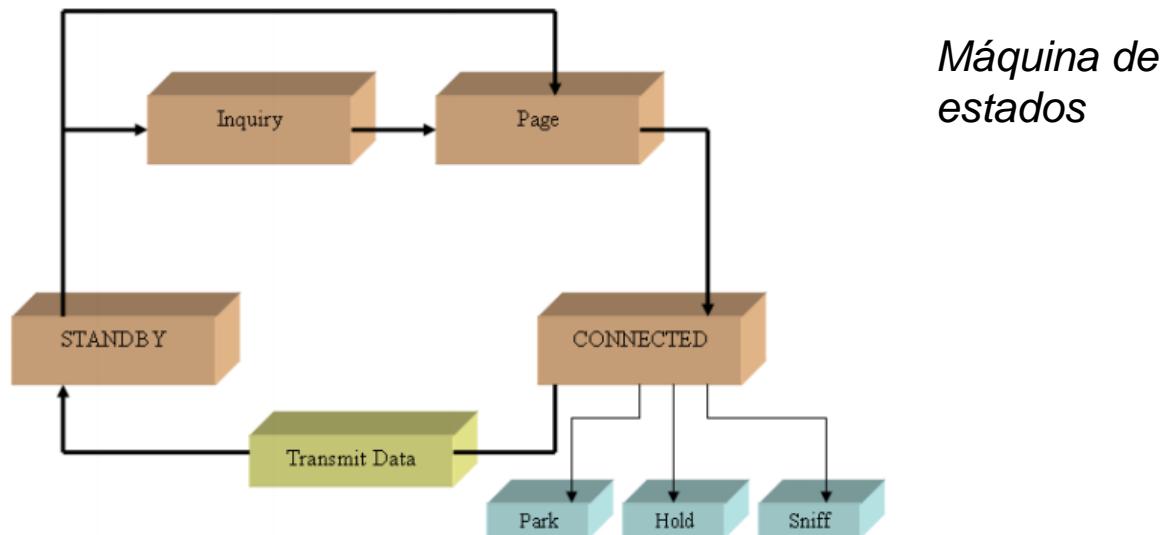


■ Aspectos físicos:

- Banda ISM, 2.400-2.483,5 MHz
- Acceso AFHSS (1.600 cambios/s)
- 79 canales de 1 MHz y 625 µs
- Piconet: 7 dispositivos + maestro (sincronización)
- Envíos sincronizados (SCO) y asíncronos (ACL)

3. Bluetooth (iii)

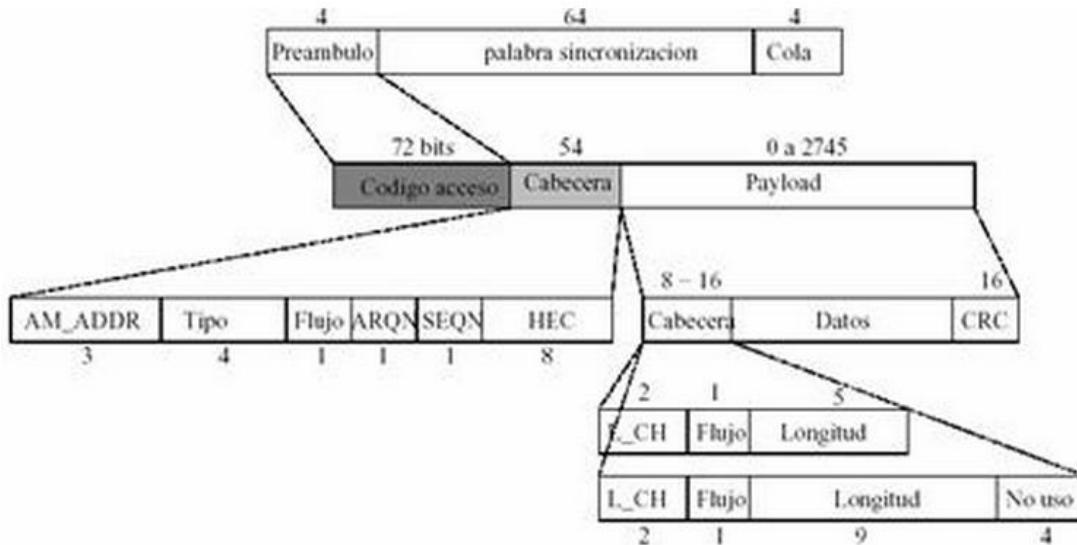
- *LMP*: control del enlace radio
 - Servicios: descubrimiento, conexión, autenticación
 - Modos: *sniff*, en espera, “aparcado”



- *A2DP*: distribución avanzada de audio
- *AVRCP*: control del *streaming* de audio y vídeo

3. Bluetooth (iv)

- *HCI*: descubrimiento de dispositivos (*inquiry*) + conexión
- *L2CAP*: multiplexación de conexiones lógicas/canales
 - Canal ↔ Protocolo
 - Paquetes de hasta 64 kB:

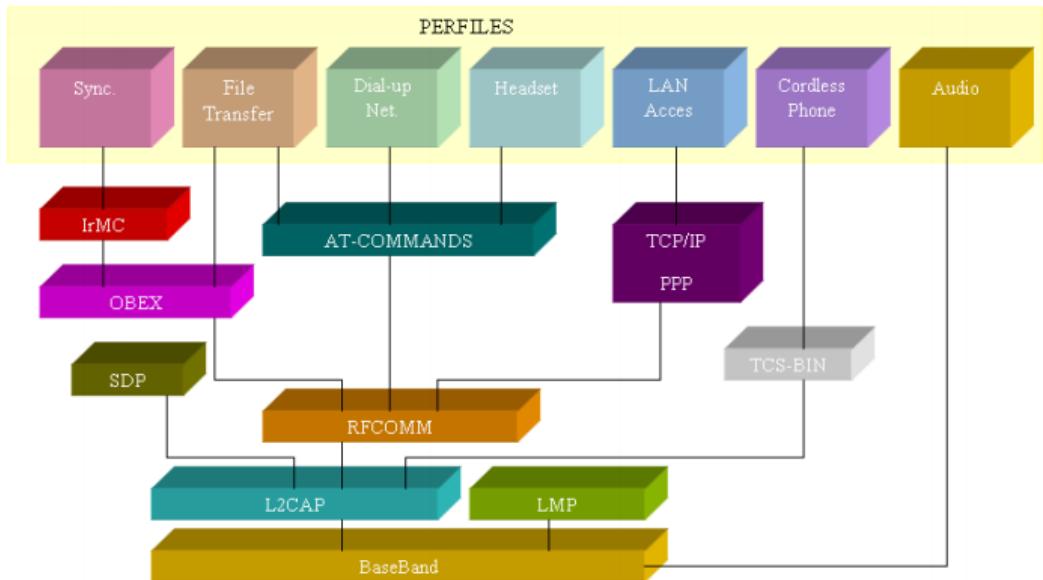


- *RFCOMM*: emulación de puerto serie sobre L2CAP

3. Bluetooth (v)

- SDP: descubrimiento de servicios cliente-servidor
- TCS: control de llamadas de voz y datos en telefonía
- Perfiles

Bluetooth



- Seguridad:

- Modos 1 (sin), 2 (L2CAP) y 3 (LMP)
- Emparejamiento con PIN para generar clave cifrado:
PIN + longitud + número_aleatorio → algoritmo E22
- Autenticación reto-respuesta a partir de la clave

Índice

1. Conceptos básicos
2. IEEE 802.11
3. Bluetooth
4. Zigbee
5. NFC
6. Sistemas celulares
7. WiMAX
8. Sistemas satélite



4. Zigbee (i)

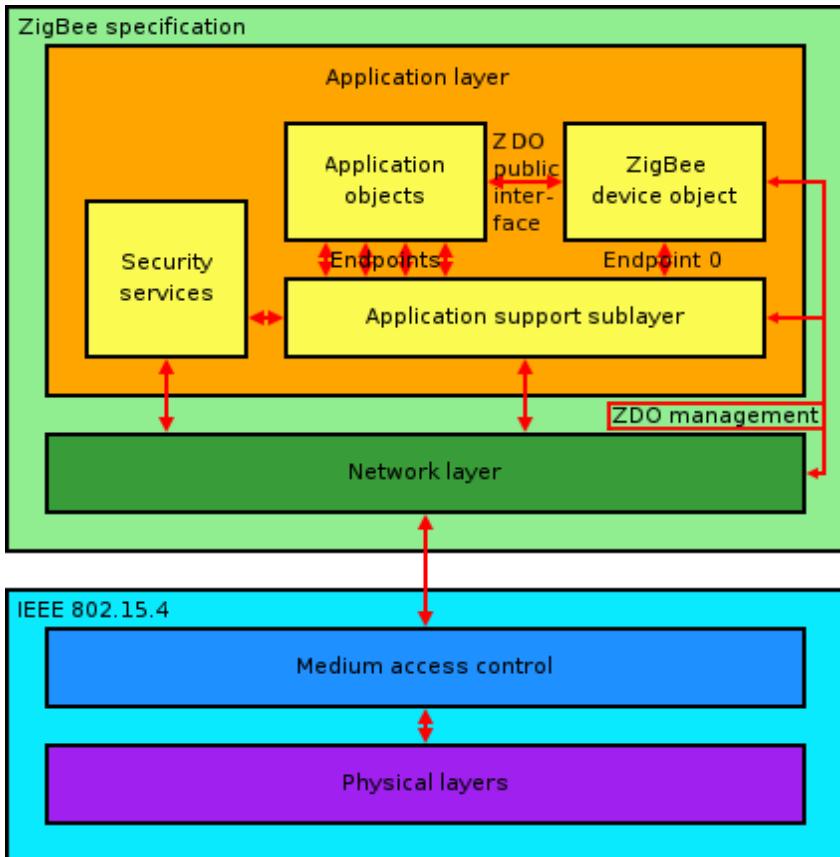


- Basado en IEEE 802.15
- Comunicaciones radio de baja potencia
 - (mayor alcance mediante configuraciones *mesh*)
- Más simple y de bajo consumo que Bluetooth y WiFi
- Principalmente orientado a monitorización y control
- Banda ISM: 868 MHz (20 kbps) – 2.4 GHz (250 kbps)
- Topologías en estrella, árbol y *mesh*
- *ZigBee device objects (ZDO):*
 - Coordinador (ZC)
 - Router (ZR)
 - Dispositivo final (ZED)

4. Zigbee (ii)

Estructura capas:

- Radio:
 - 5 MHz/canal
 - CDMA, OQPSK
 - 10-20 m (1.500 m LoS)
- MAC (IEEE 802.15.4):
 - Transmisiones *beacon* y *non-beacon* (CSMA/CA)
 - De modo activo a sueño en <30ms
- Red:
 - *Routing*: AODV
- Aplicación:
 - ZDO: gestión dispositivos
 - APS: interfaz dispositivos-servicios
 - Hasta 240 objetos aplicación/dispositivo
 - Descubrimiento de dispositivos
 - Seguridad: claves de 128 bits para cifrado e integridad CBC-MAC



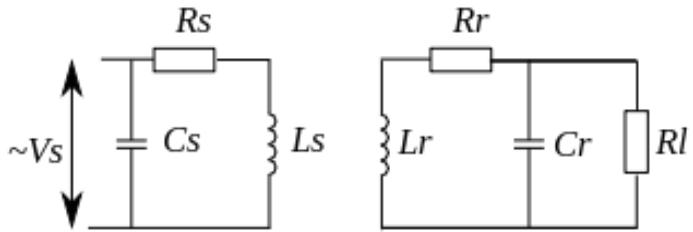
Índice

1. Conceptos básicos
2. IEEE 802.11
3. Bluetooth
4. Zigbee
5. NFC
6. Sistemas celulares
7. WiMAX
8. Sistemas satélite



5. NFC

- NFC Forum (Nokia, NXP Semiconductor, Sony)
- ISO/IEC 18092, sobre ISO/IEC 18000-3:
 - Transferencia de potencia resonante ($\approx 10\text{-}50\text{cm}$):



- 13.56 MHz $\pm 7\text{kHz}$, 106-424 kbps
- Comunicaciones activas vs. pasivas (tags RFID; 96-4096 B)

Speed	Active device	Passive device
424 kbit/s	Manchester, 10% ASK	Manchester, 10% ASK
212 kbit/s	Manchester, 10% ASK	Manchester, 10% ASK
106 kbit/s	Modified Miller, 100% ASK	Manchester, 10% ASK

- NFC Data Exchange Format (MIME, URLs, ...)
- Usado para identificación y posteriores comunicaciones Bluetooth, WiFi, ... (p.e., S-Beam)

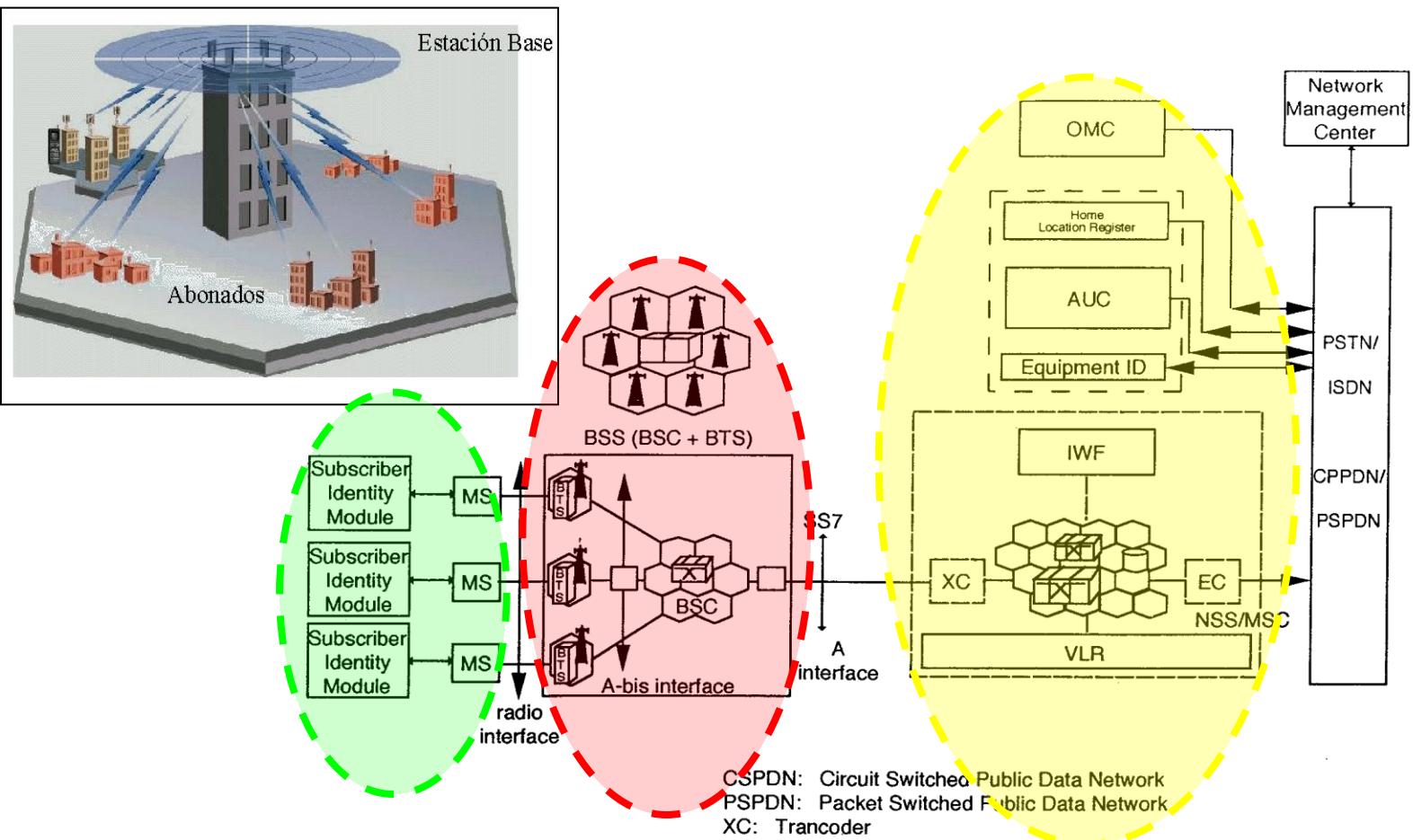
Índice

1. Conceptos básicos
2. IEEE 802.11
3. Bluetooth
4. Zigbee
5. NFC
6. Sistemas celulares
7. WiMAX
8. Sistemas satélite



6. Sistemas celulares (i)

Sistemas celulares/móviles: GSM y UMTS

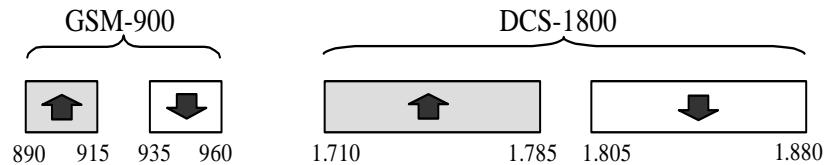


6. Sistemas celulares (ii)

■ GSM

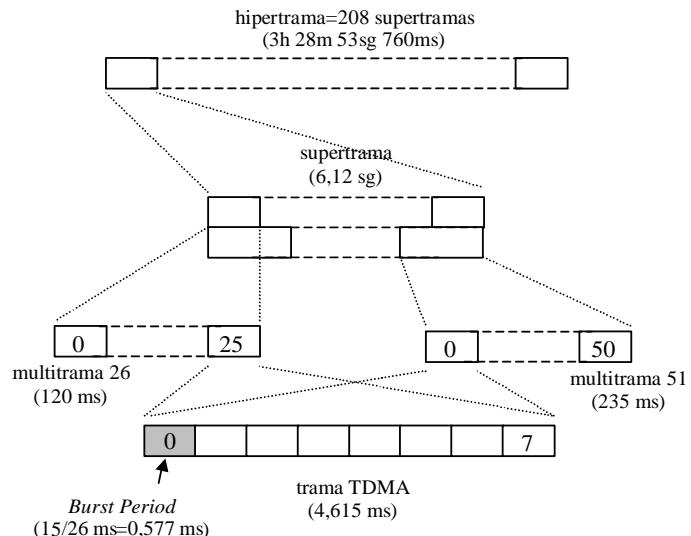
FDM:

- Señales de 200 KHz de ancho de banda
- 124 portadoras en GSM
- 374 portadoras en DCS



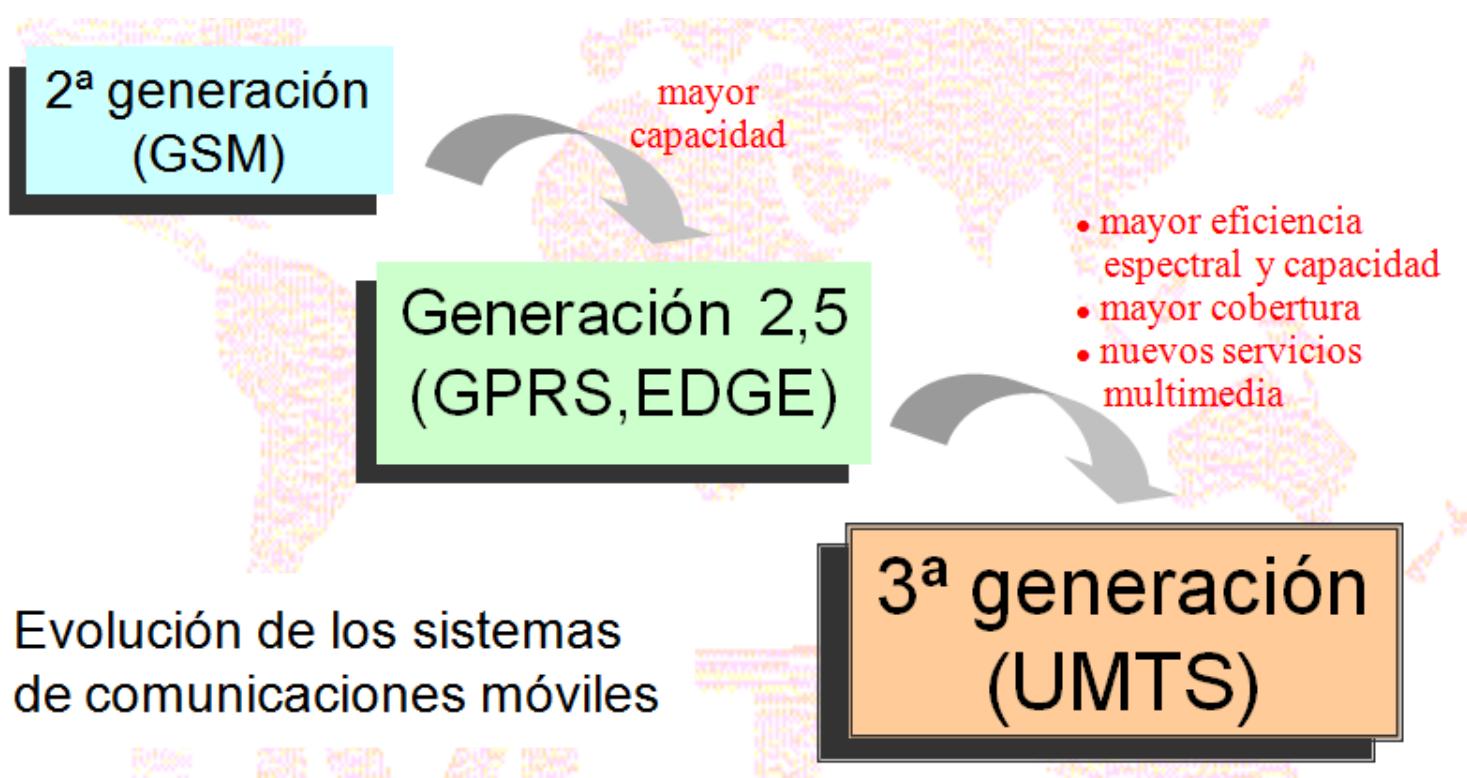
TDM:

- BP: 156 bits/0,577 ms
- 270 Kbps

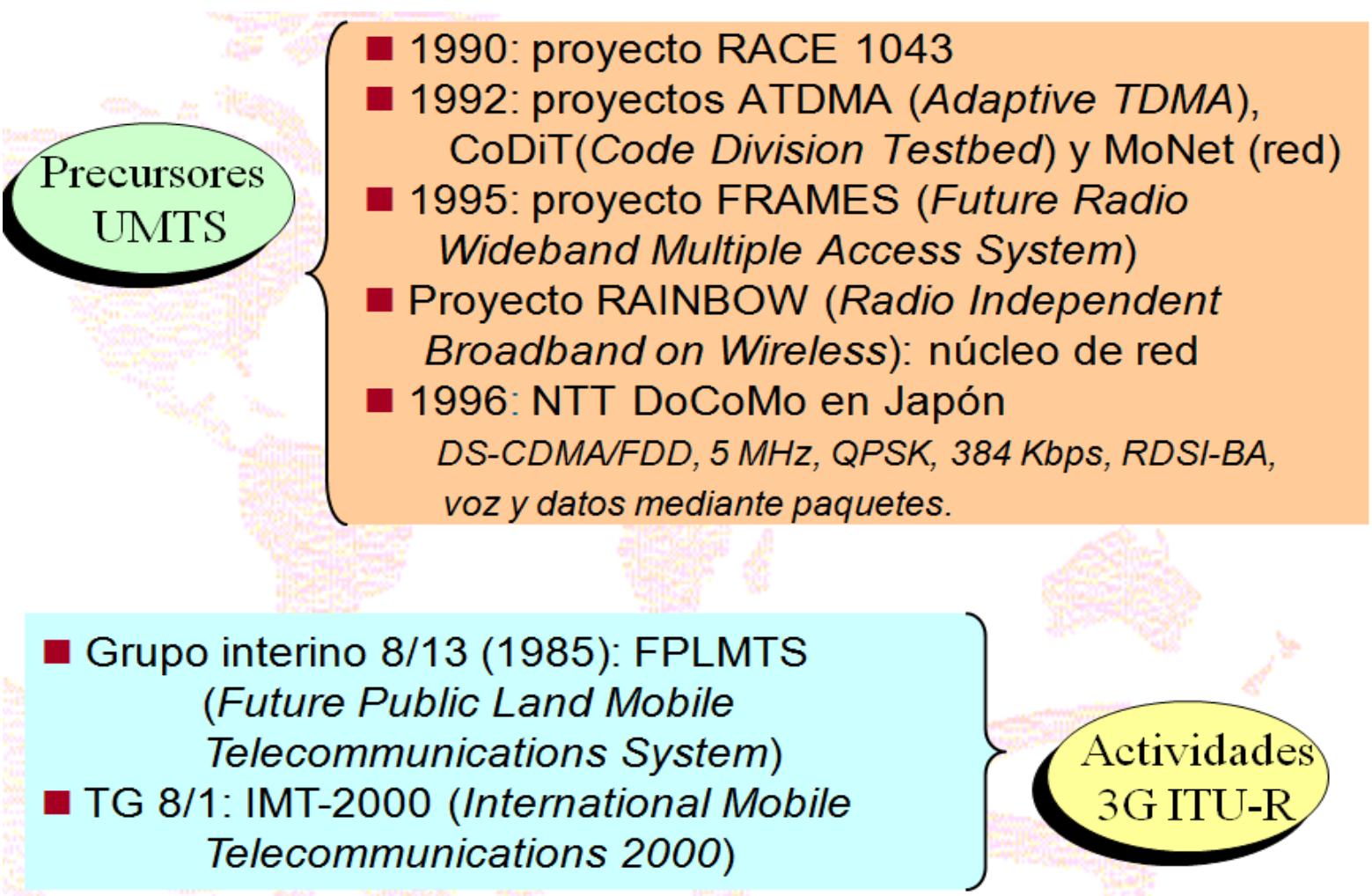


6. Sistemas celulares (iii)

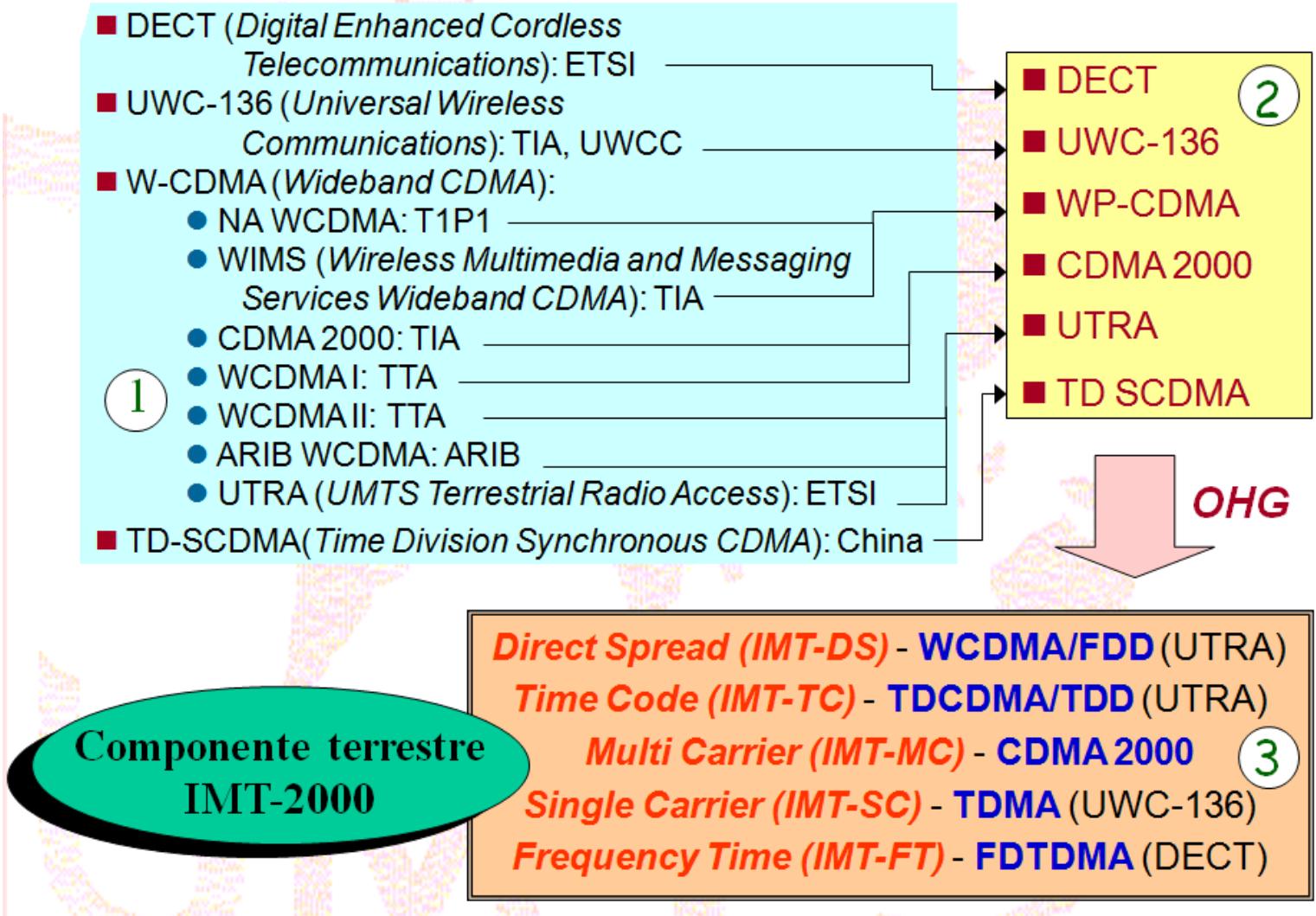
■ UMTS: génesis y desarrollo normativo



6. Sistemas celulares (iv)



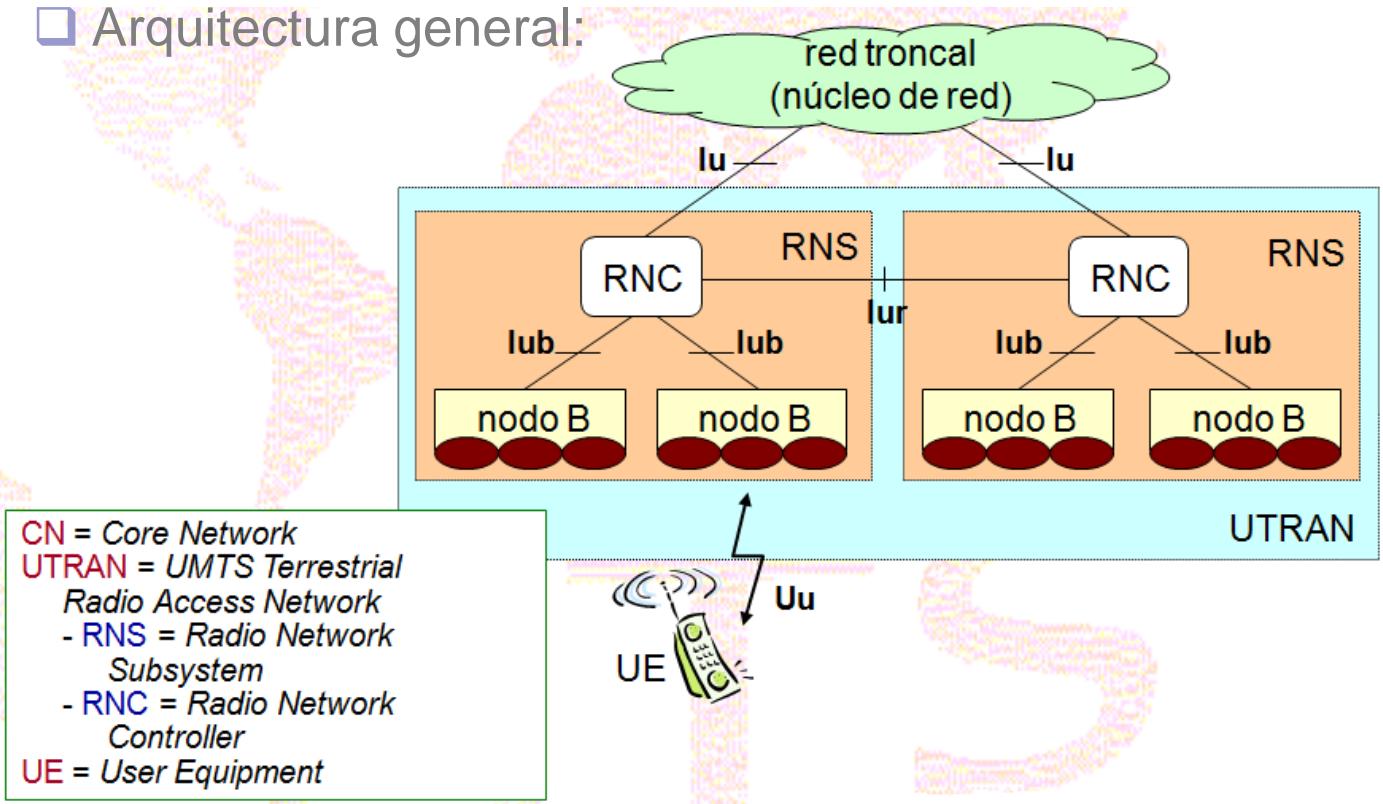
6. Sistemas celulares (v)



6. Sistemas celulares (vi)

■ Descripción del sistema UMTS:

- Universal Mobile Telecommunications System (UTRA)
- 3GPP (*Third Generation Partnership Project*)
- ≈2 Mbps
- Arquitectura general:



6. Sistemas celulares (vii)

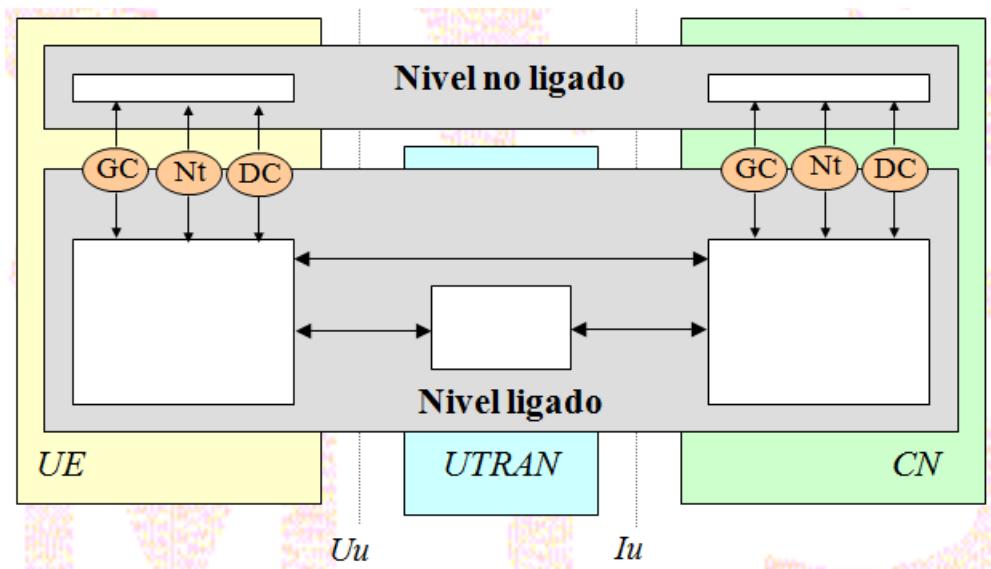
■ Arquitectura general:

□ Dos niveles:

- *Ligado*: intervención de la red de acceso
- *No ligado*: CN-UE, sin intervención de UTRAN

□ Comunicación entre ambos a través de SAP(*ServiceAccess Point*):

- GC (*General Control*): servicios de radiodifusión
- Nt (*Notification*): servicios de radiodifusión dirigida
- DC (*Dedicated Control*): establecimiento, liberación, transmisión



6. Sistemas celulares (viii)

□ Núcleo de red:

- Funciones de transporte: tráfico y señalización
- Funciones de inteligencia: control de servicios (encaminamiento, movilidad, interconexión con otras redes, etc.)

□ Dos dominios:

- De conmutación de circuitos (CS, *Circuit Switching*)
- De conmutación de paquetes (PS, *Packet Switching*)

□ Elementos funcionales comunes:

- HLR (*Home Location Register*)
- VLR (*Visitor Location Register*)
- AuC (*Authentication Centre*)
- EIR (*Equipment Identity Register*)
- SMS-GMSC (*Short Messages Services Gateway MSC*)
- SMS-IMSC (*Short Messages Services Interworking MSC*)

□ Elementos funcionales CS:

- U-MSC (*Mobile-services Switching Centre*)
- U-GMSC (*Gateway MSC*)
- IWF (*InterWorking Function*)

□ Elementos funcionales PS:

- U-SGSN (*UMTS Serving GPRS Support Node*)
- U-GGSN (*UMTS Gateway GPRS Support Node*)
- BG (*Border Gateway*)

6. Sistemas celulares (ix)

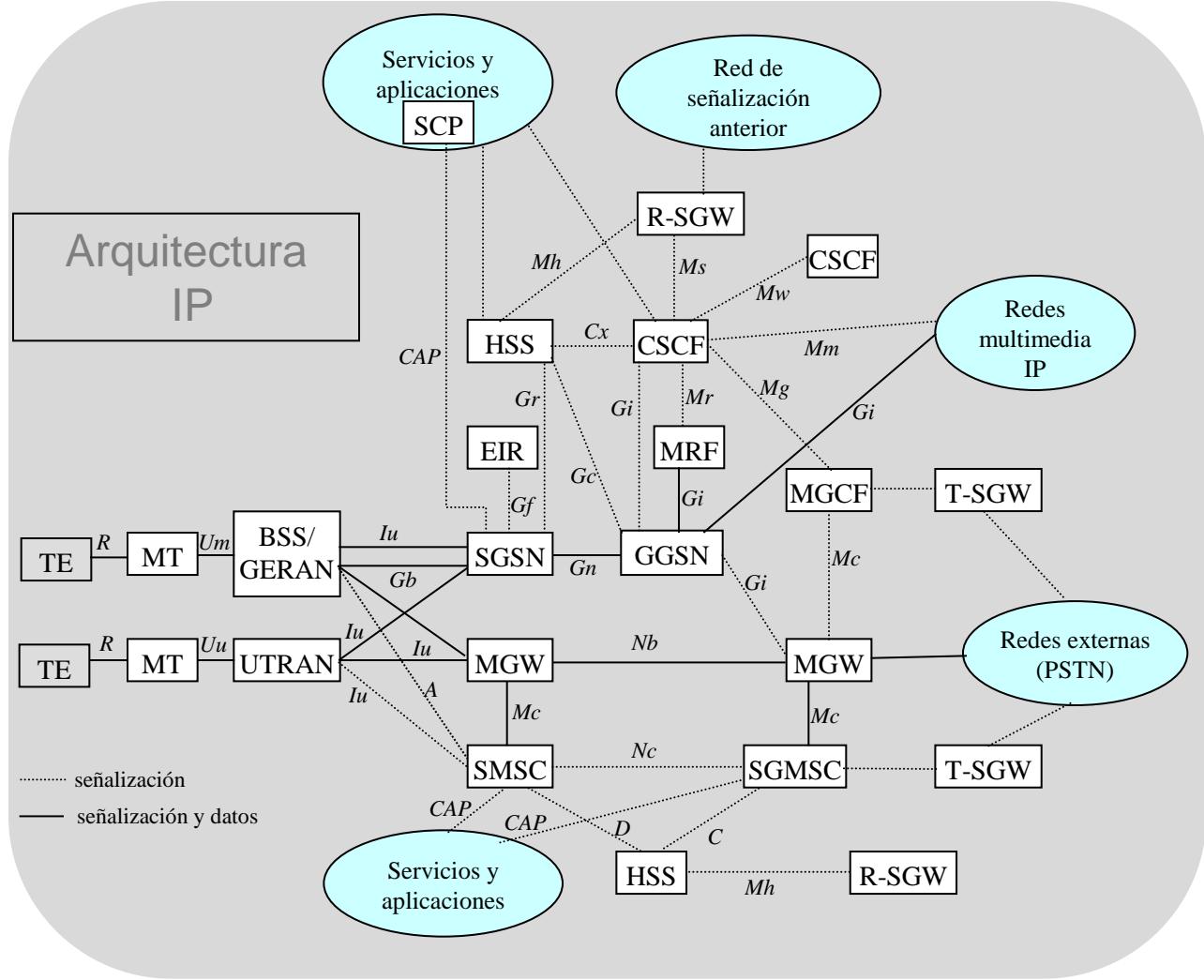
□ Núcleo de red (cont.):

□ Entidades funcionales en la arquitectura “all IP” (R5):

- CSCF (*Call State Control Function*): ICGW (*Incoming Call Gateway*), CCF (*Call Control Function*), SPD (*Serving Profile Database*), AH (*Address Handling*)
- HSS (*Home Subscriber Server*)
- T-SGW (*Transport Signalling Gateway Function*)
- R-SGW (*Roaming Signalling Gateway Function*)
- MGCF (*Media Gateway Control Function*)
- MGW (*Media Gateway Function*)
- MRF (*Multimedia Resource Function*)
- SMSC (*Server MSC*)
- SGMSC (*Server Gateway MSC*)

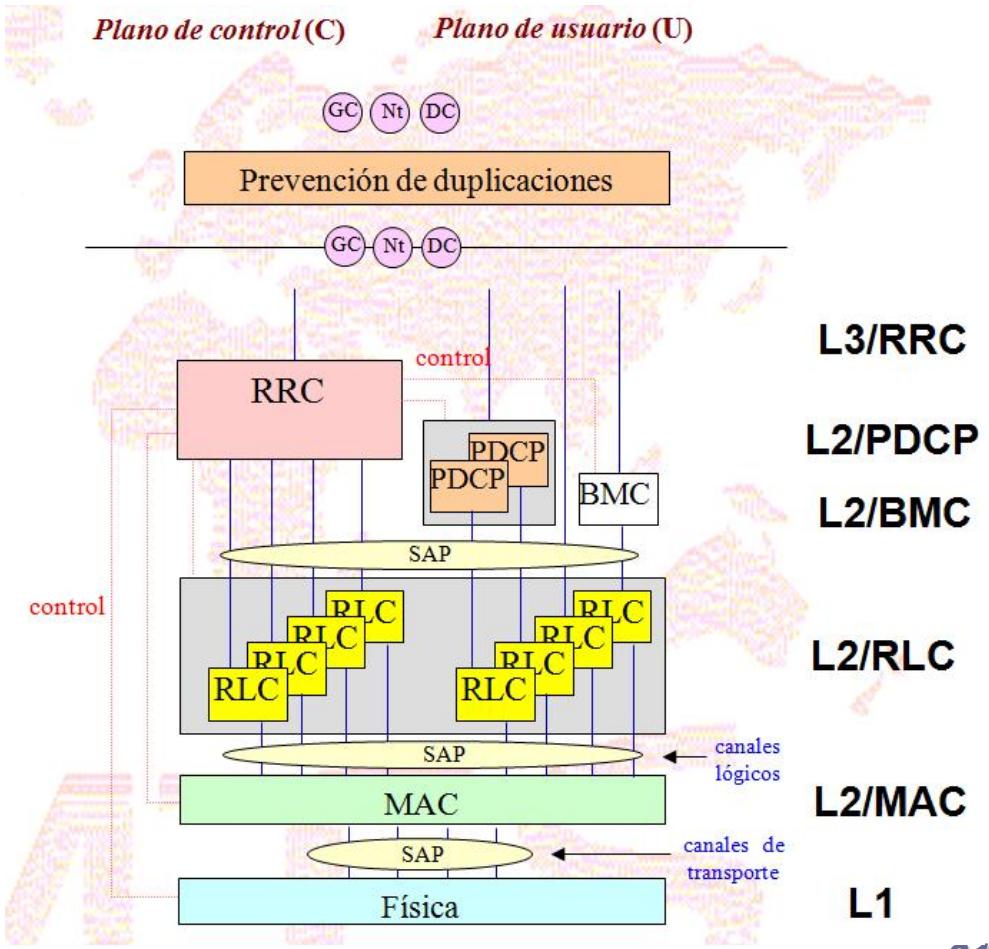
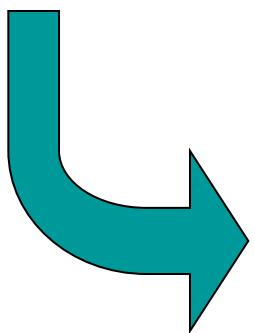


6. Sistemas celulares (x)



6. Sistemas celulares (xi)

- Interfaz de radio (U_u):
 - CDMA: FDD y TDD
 - Estructura protocolos:



6. Sistemas celulares (xii)

- Funciones de las capas de la interfaz radio:

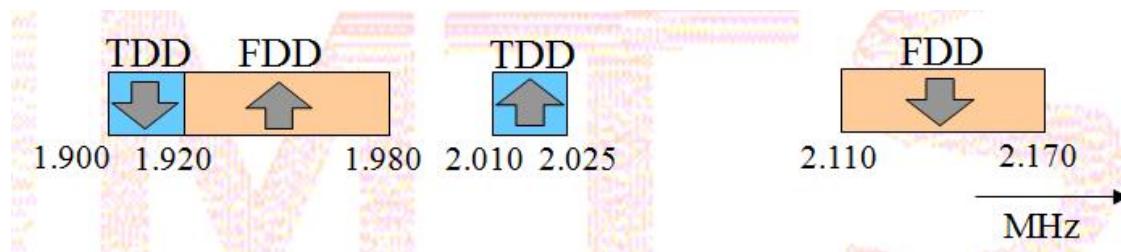
- Física (L1): detección errores, codificación/decodificación, multiplexación, adaptación velocidades, ajuste potencia, modulación, sincronización, etc.
- MAC (*Medium Access Control*): correspondencia canales lógicos-de transporte, multiplexación/demultiplexación, commutación, gestión de prioridades, cifrado, etc.
- RLC (*Radio Link Control*): transferencia RRC-MAC (transparente, con confirmación y sin confirmación), ensamblado/desensamblado paquetes, detección y corrección de errores, control de flujo, etc.

Plano usuario

- BMC (*Broadcast/Multicast Control Protocol*): control servicios difusión/multicast.
- PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*): compresión de los paquetes y aislar el resto de los protocolos del modo paquete
- La capa de red (L3) se divide en tres subcapas: *RRM* (*Radio Resource Management*), *CC* (*Call Control*) y *MM* (*Mobility Management*). Las funciones realizadas en esta capa son: establecimiento/reconfiguración y liberación de recursos/conexiones RRC, gestión de movilidad, control de calidad de servicio, control de cifrado y de potencia en lazo abierto, control de admisión, control de congestión, etc.
- Prevención de duplicaciones: situada encima de la subcapa RRM, limita por debajo con la red de acceso y por encima con el núcleo de red

6. Sistemas celulares (xiii)

- Tipos de canales en la interfaz U_u :
 - Lógicos: tipo de datos que se transmiten por ellos de control de tráfico
 - De transporte: características de la transmisión comunes dedicados
 - Físicos: formato transmisión
 - FDD: $60 + 60 \text{ MHz} \Rightarrow 12$ portadoras
 - TDD: $15 + 20 \text{ MHz} \Rightarrow 7$ portadoras



6. Sistemas celulares (xiv)

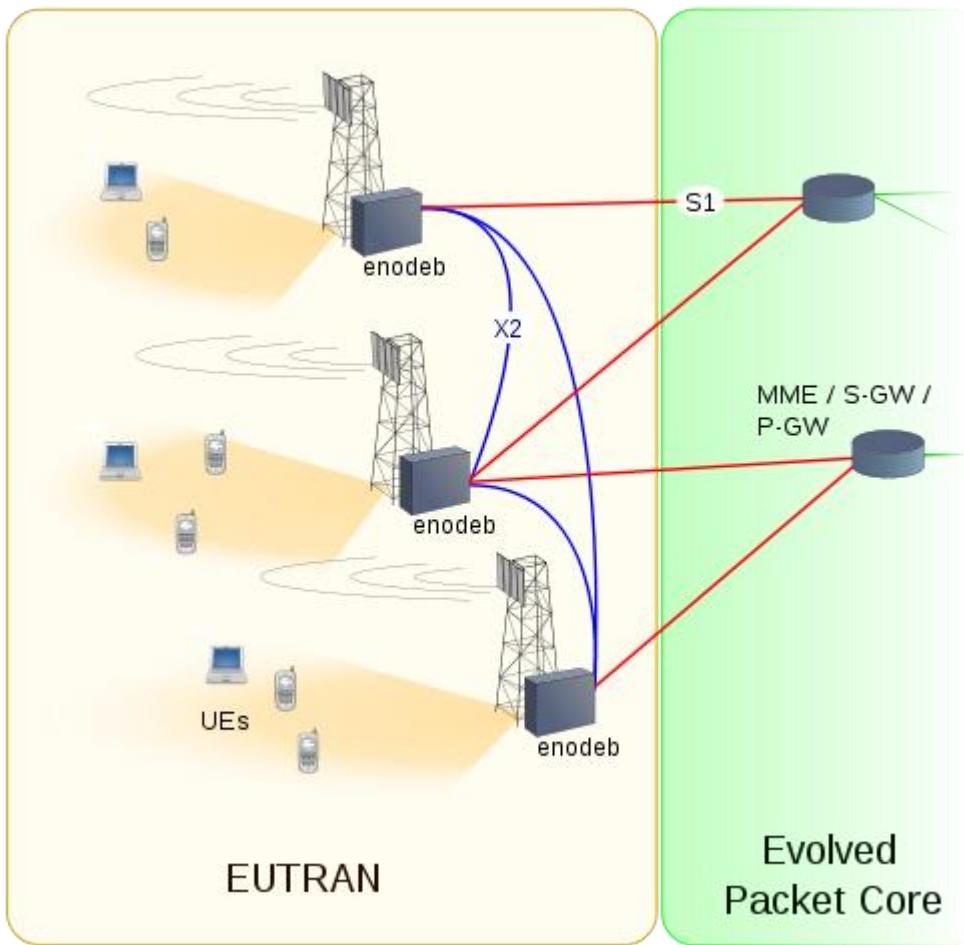
■ LTE (“Long Term Evolution”):

- Evolución de GSM/UMTS para 4G
- Definido por *NTT DoCoMo*, Japón 2004
- 300 Mbps *downlink*, 75 Mbps *uplink*
- Latencia <5 ms en el enlace radio
- Soporta movilidad para terminales 300-500 km/h
- Femto/Pico-células (10m) hasta macro-células (100 Km)
- Soporta hasta 200 clientes en cada célula de 5 MHz

6. Sistemas celulares (xv)

■ LTE:

- Arquitectura:
 - E-UTRAN
 - SAE



6. Sistemas celulares (xvi)

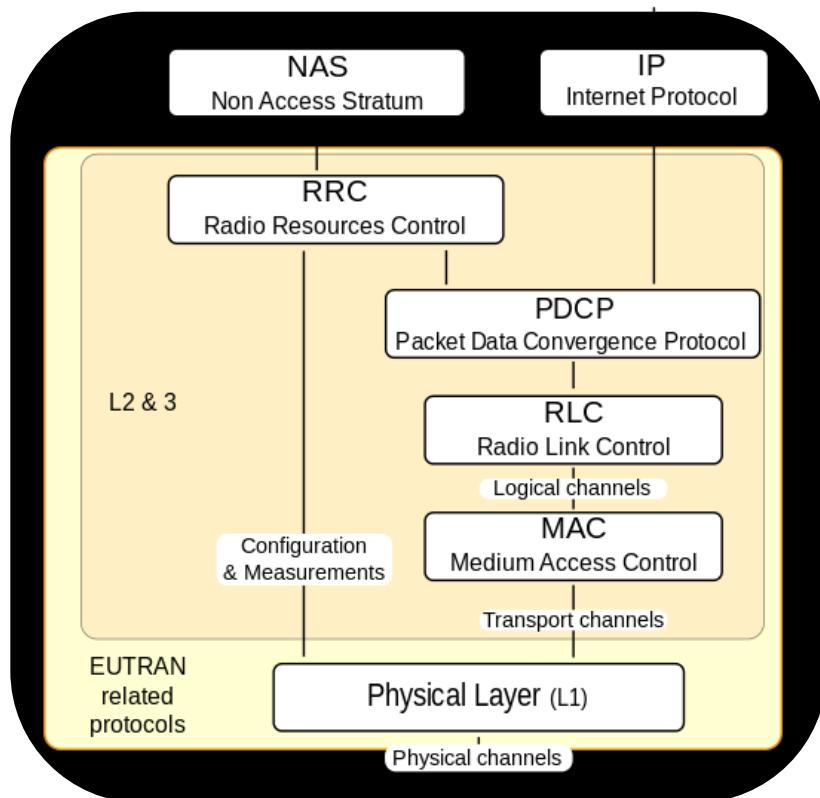
■ LTE:

□ E-UTRAN: interfaz aérea para LTE de 3GPP

■ Física:

- OFDMA / SC-FDMA
- MIMO
- FDD / TDD
- Trama TDMA: 10 ms
- 15 kHz entre portadoras
- Canales físicos:
 - 6 DL, 3 señales
 - 3 UP, 2 señales

■ MAC: multiplexación canales lógicos en físicos, priorización y control errores



Pila de protocolos

6. Sistemas celulares (xvii)

■ LTE:

- E-UTRAN: interfaz aérea para LTE de 3GPP

■ RLC (3 modos):

- ARQ
- Segmentación PDU
- Reordenación

■ PDCP:

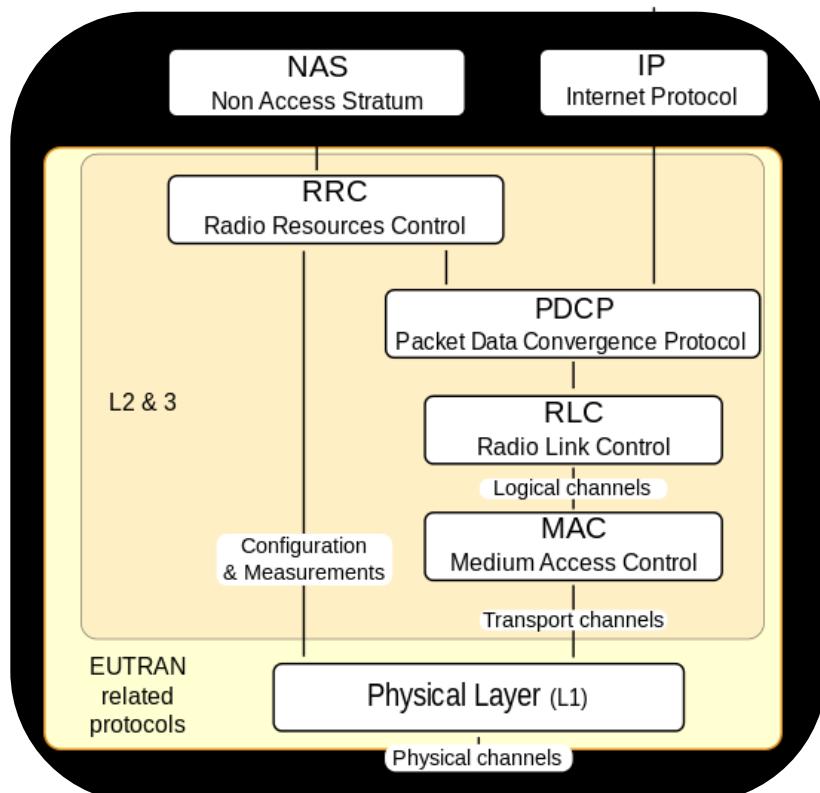
- Seguridad
- Segmentación PDU
- Reordenación

■ RRC:

- Gestión claves
- *Handover*
- QoS

■ NAS:

- Autenticación UE

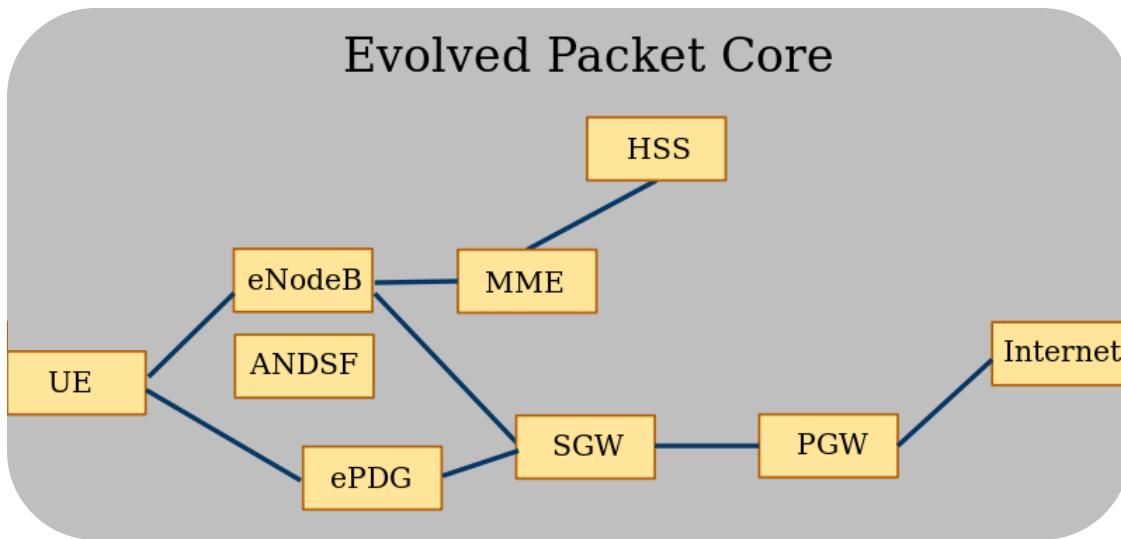


Pila de protocolos

6. Sistemas celulares (xviii)

■ LTE:

- SAE (“System Architecture Evolution”): red troncal de LTE



MME: Mobility Management Entity
SGW: Serving GateWay
PGW: PDN GateWay
HSS: Home Subscriber Server
ANDSF: Access Network Discovery and Selection Function
ePDG: evolved Paket Data Gateway
eNodeB: evolved Node B

Índice

1. Conceptos básicos
2. IEEE 802.11
3. Bluetooth
4. Zigbee
5. NFC
6. Sistemas celulares
7. WiMAX
8. Sistemas satélite

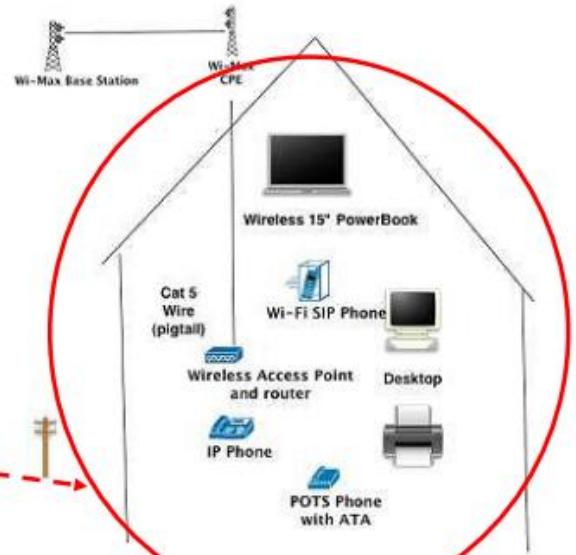
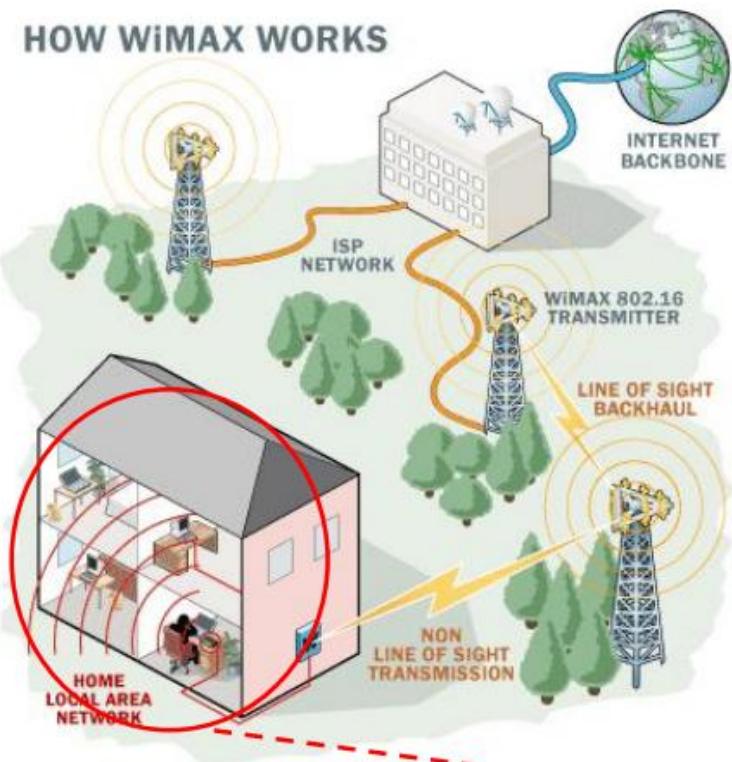


7. WiMAX (i)

- “Worldwide Interoperability for Microwave Access”
- IEEE 802.16 (\approx HiperMAN ETSI)
- Red MAN: 50-60 Km radio
- 70 Mbps
- Independiente del protocolo
- Soporta servicios de paquetes y conmutados
- Niveles de servicio
- Sistemas:
 - 802.16: sin movilidad, antena fijas, 10-60 GHz
 - 802.16a: 2-11 GHz, diferentes antenas
 - 802.16d: cobertura sin línea de visión (NLOS)
 - 802.16d: Movilidad



7. WiMAX (ii)



7. WiMAX (iii)

■ Tabla comparativa con otros sistemas:

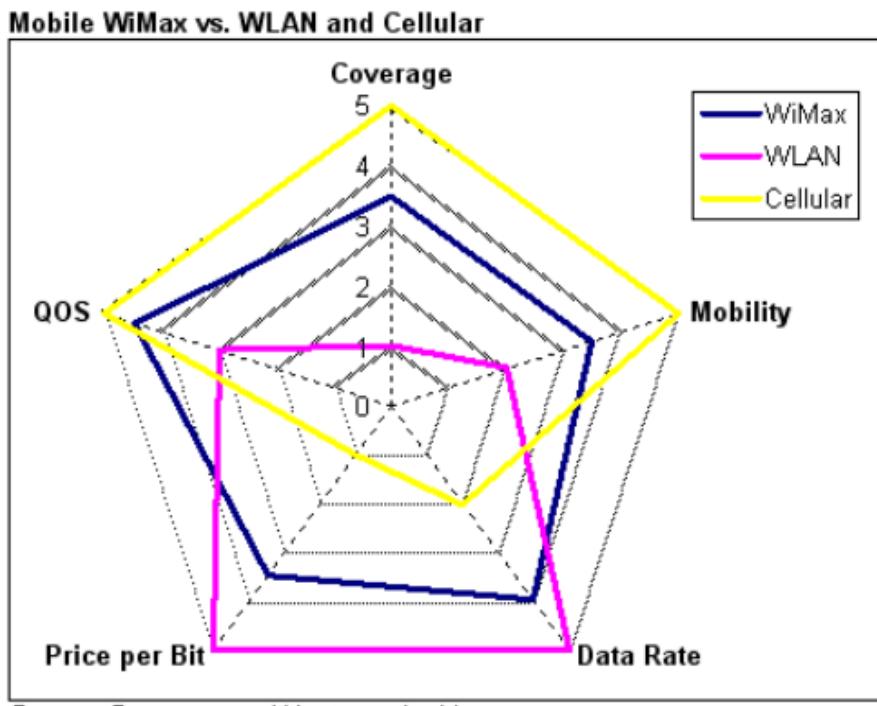
	802.11	802.16	802.16a	802.16e	802.20
Status	Complete	Dec 2001	Jan. 2003	January. 2004	ETA '05-'06
Target App.	LAN	MAN	MAN	MAN	WAN
Range	Up to 300 ft. optimized for indoor LAN	Up to 5 miles Average Cell Radius 1-3 mi	Up to 25 miles Average Cell Radius 4-6 mi	Average Cell Radius 1-3 mi	
Channel Conditions	LOS when outdoors	LOS	nLOS	nLOS	nLOS
Spectrum	2.4 GHz & 5 GHz – Unlicensed	10-66 GHz Licensed	2-11 GHz Licensed and Unlicensed	2-6 GHz Licensed and Unlicensed	<3.5 GHz Licensed
Mobility Support	Portable – Local Roaming	Fixed	Fixed	Pedestrian Mobility – Regional Roaming	Vehicular Mobility – Global Roaming
Channelization	20 MHz	Scalable 1.5-20 MHz	Scalable 1.5-20 MHz	Scalable 1.5-5 MHz w/ sub-channels	1.25 or 5 MHz
Spectral Efficiency	< 2.7 bps/Hz	< 4.8 bps/Hz	< 3.75 bps/Hz	< 3 bps/Hz	< 1.25 bps/Hz
Bit Rate	54 Mbps (20 MHz BW)	< 134 Mbps (20 MHz BW)	< 75 Mbps (20 MHz BW)	15 Mbps (5 MHz BW)	< 6 Mbps (5 MHz BW)

Fuente: Intel Wireless Division

7. WiMAX (iv)



- Foro WiMAX
- WiMAX vs. WiFi vs. Celular



Índice

1. Conceptos básicos
2. IEEE 802.11
3. Bluetooth
4. Zigbee
5. NFC
6. Sistemas celulares
7. WiMAX
8. Sistemas satélite



8. Sistemas satélite (i)

- Aplicaciones diversas: climatología, observación, navegación, comunicaciones
- Bandas de frecuencia:

Tipo de Banda	Rango de Frecuencias
HF	1.8-30 MHz
VHF	50-146 MHz
P	0.230-1.000 GHz
UHF	0.430-1.300 GHz
L	1.530-2.700 GHz
S	2.700-3.500 GHz
C	Downlink: 3.700-4.200 GHz Uplink: 5.925-6.425 GHz
X	Downlink: 7.250-7.745 GHz Uplink: 7.900-8.395 GHz
Ku (Europa)	Downlink: FSS: 10.700-11.700 GHz DBS: 11.700-12.500 GHz Telecom: 12.500-12.750 GHz Uplink: FSS y Telecom: 14.000-14.800 GHz; DBS: 17.300-18.100 GHz
Ku (America)	Downlink: FSS: 11.700-12.200 GHz DBS: 12.200-12.700 GHz Uplink: FSS: 14.000-14.500 GHz DBS: 17.300-17.800 GHz
Ka	Entre 18 y 31 GHz

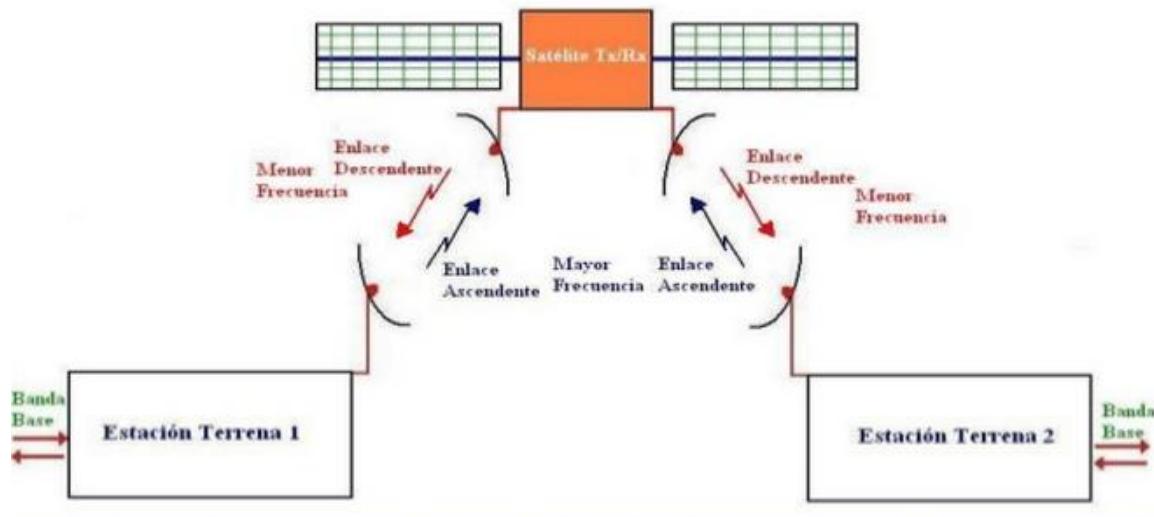
8. Sistemas satélite (ii)

- Afectación de la climatología
- Retardo y pérdidas
- Acceso: FDMA

TDMA

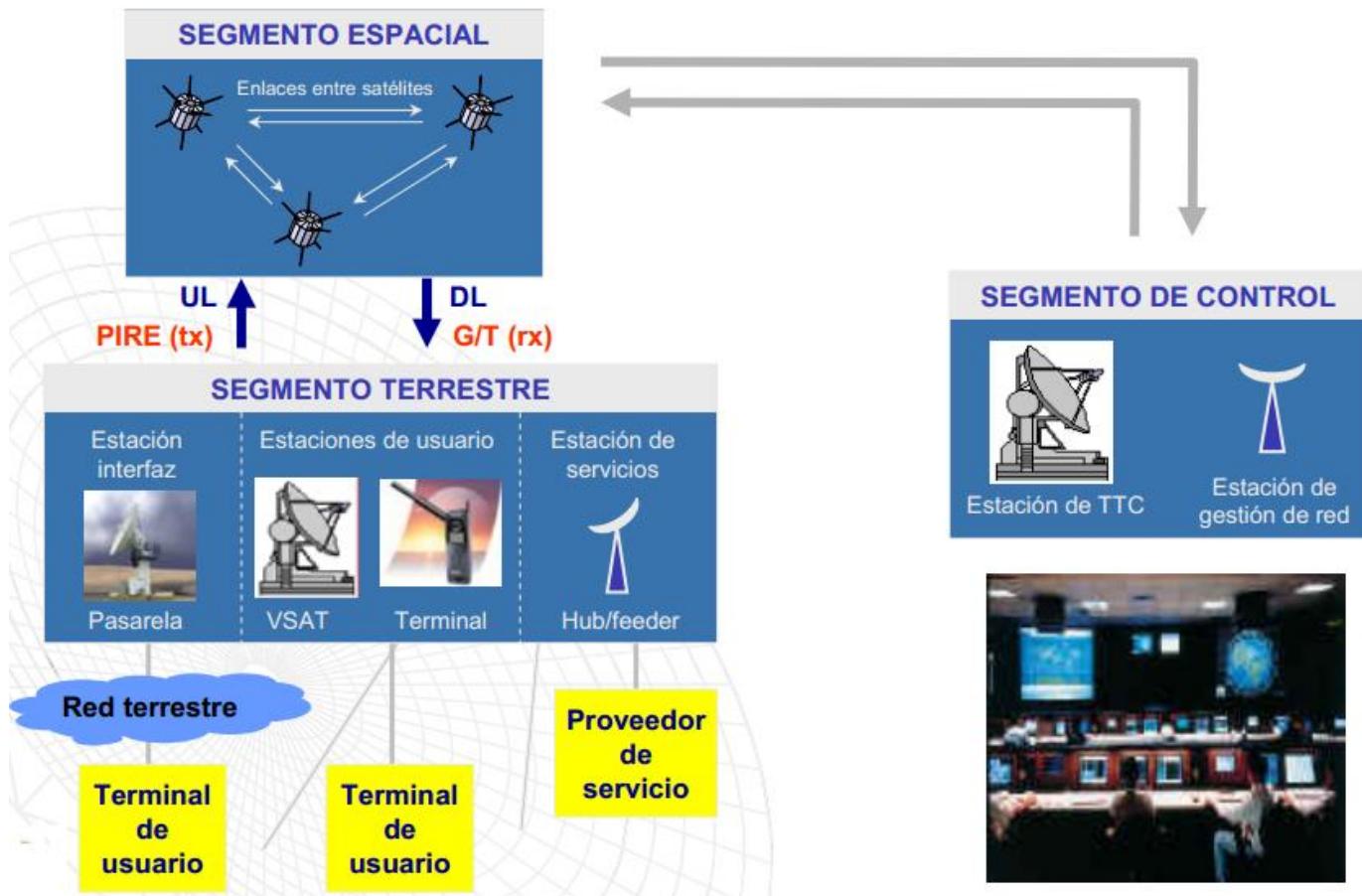
CDMA

ALOHA



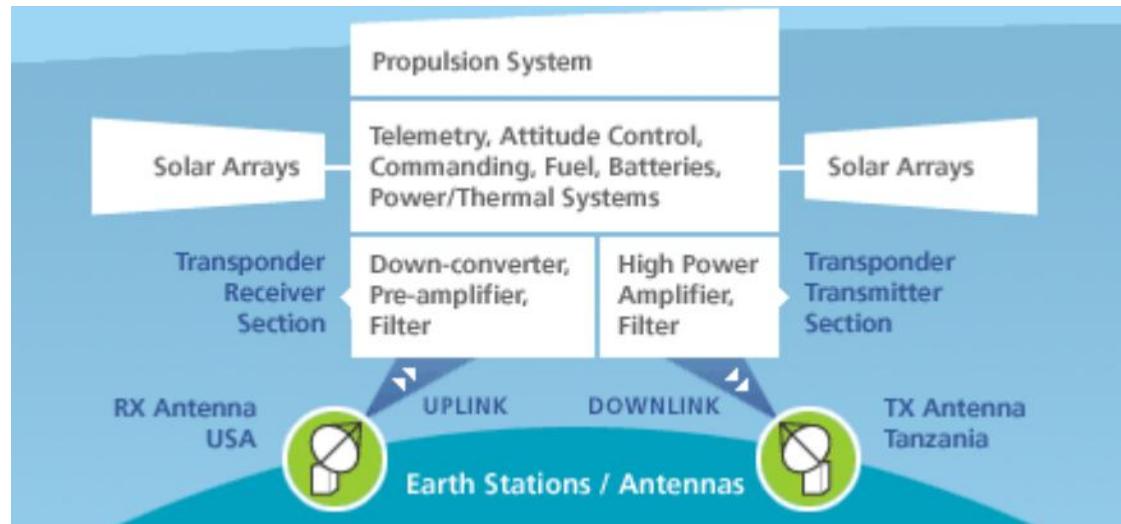
8. Sistemas satélite (iii)

■ Arquitectura de un sistema satelital completo:



8. Sistemas satélite (iv)

■ Estructura de un satélite:

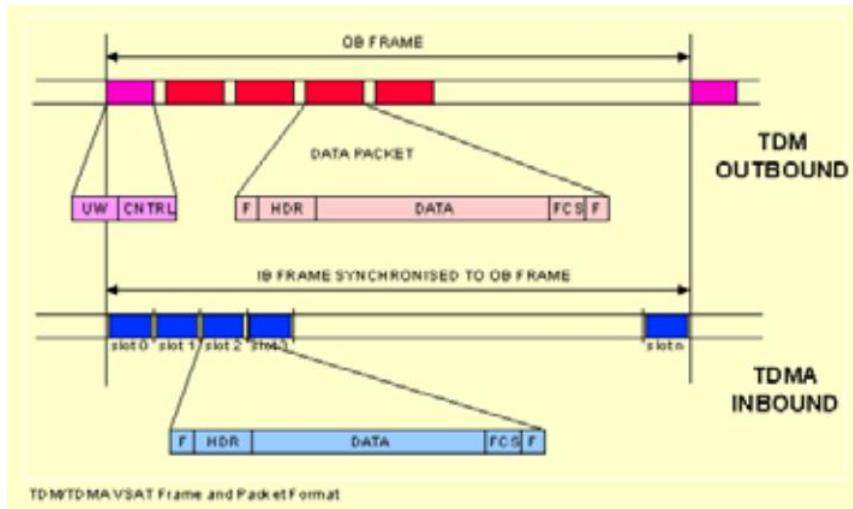


■ Topologías:

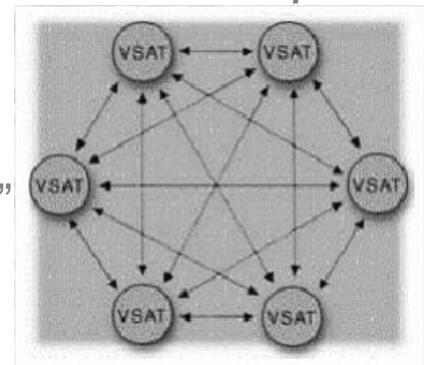
- Punto a punto (SCPC, *Single Channel Per Carrier*)
 - 64 kbps-10 Mbps
- Estrella (VSAT; *Very Small Aperture Terminals*)
 - ALOHA para el acceso, y después TDMA

8. Sistemas satélite (v)

- Tramas VSAT (50-250 bytes):



- Malla (PAMA/DAMA; *Pre-Assigned/Demand Multiple Access*)
 - FDM, con canales pre-asignados en DAMA y por demanda en DAMA
 - Antenas de mayor tamaño
 - NCS ("Network Controller System" para el control canales



8. Sistemas satélite (vi)

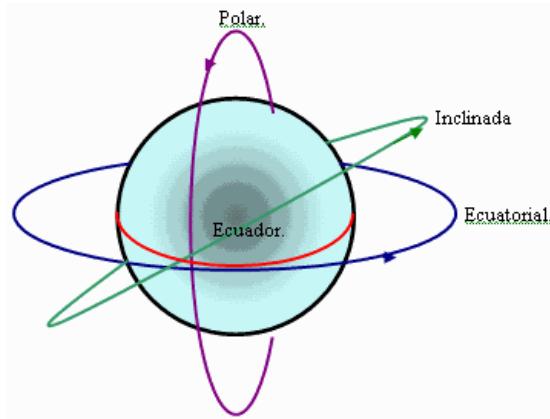
■ Sistemas según su órbita: LEO / MEO / GEO:

	GEO	MEO	LEO
Altura (km)	36.000	6.000-12.000	200-3.000
Período orbital (Hr)	24	5-12	1.5
Velocidad (Km/hr)	11.000	19.000	27.000
Retraso (ida y vuelta) (ms)	250	80	10
Período de visibilidad	Siempre	2-4 Hr	<15 min
Satélites necesarios para cobertura global	3	10-12	50-70



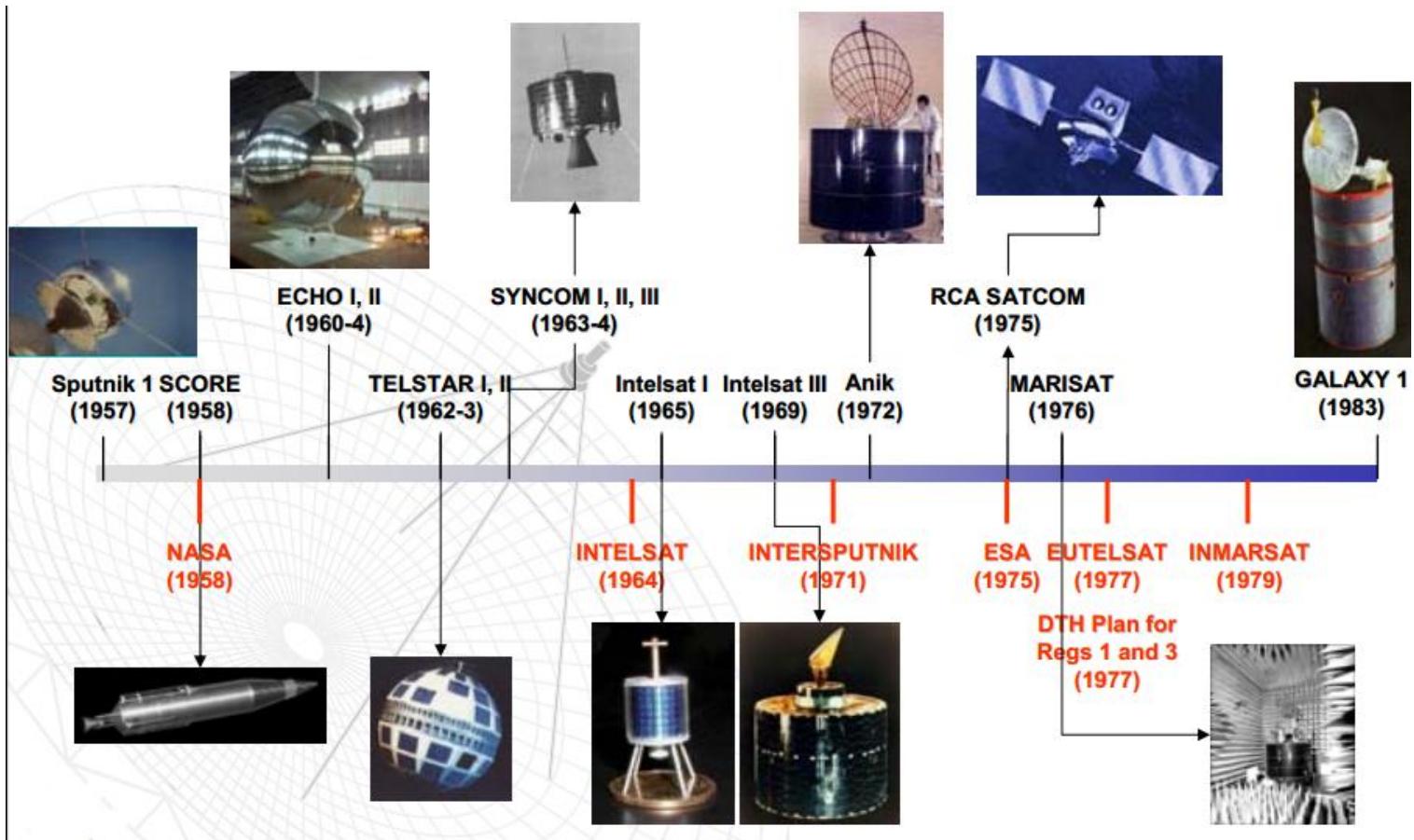
■ Según el tipo de órbita:

- Polar
- Ecuatorial
- Inclinada



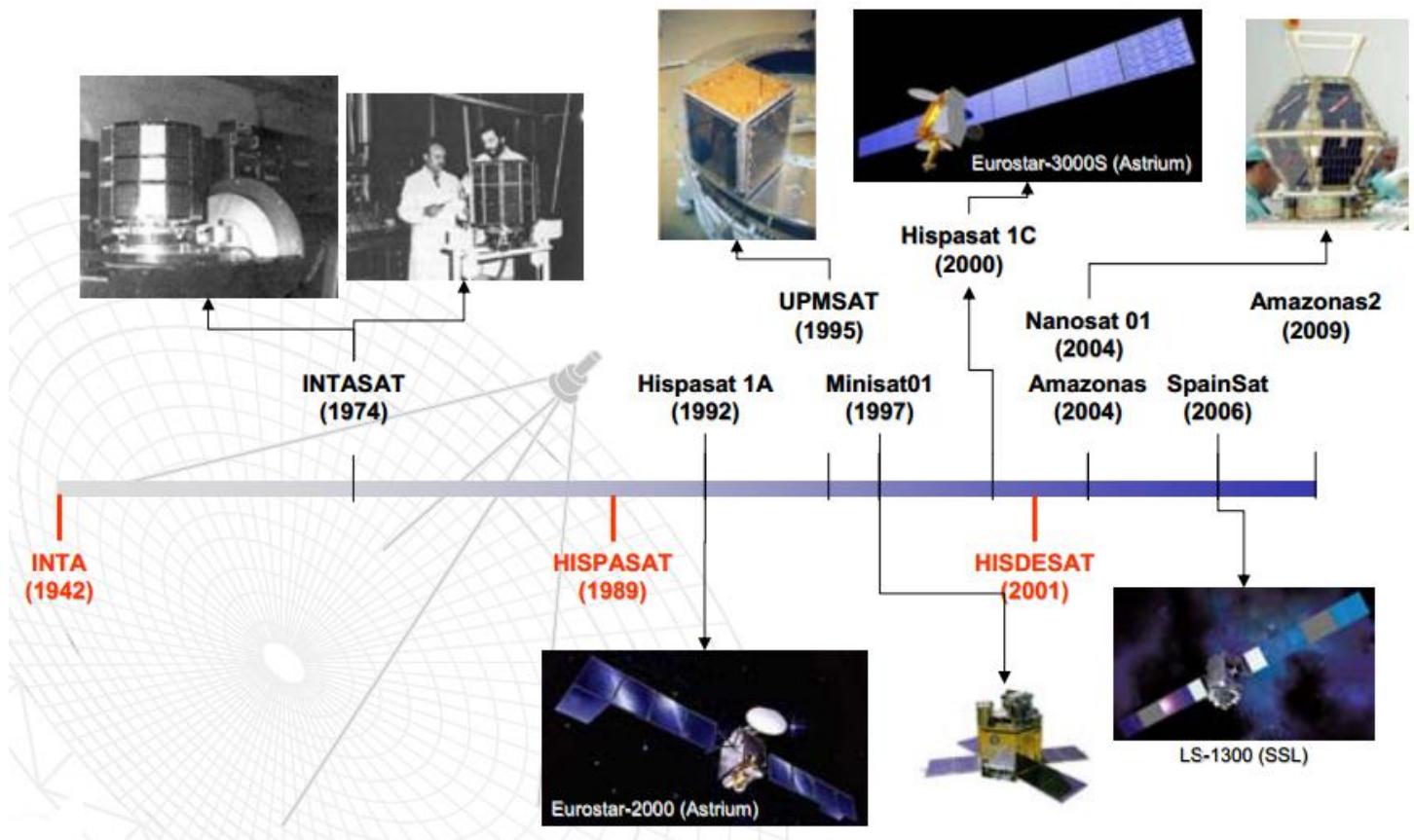
8. Sistemas satélite (vii)

■ Primeros satélites de comunicaciones:



8. Sistemas satélite (viii)

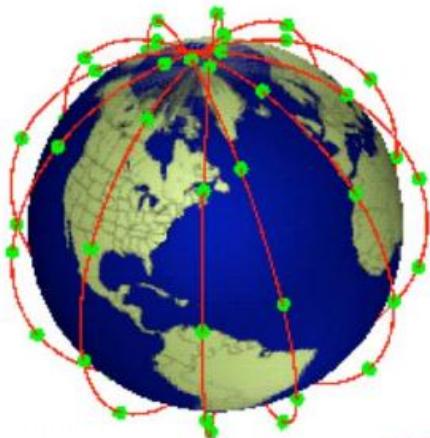
■ Satélites en España:



8. Sistemas satélite (ix)

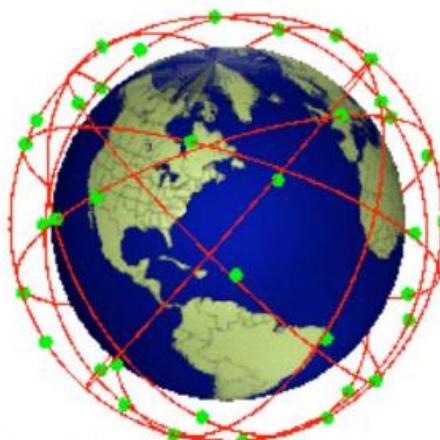
■ Ejemplos de sistemas LEO:

h=780 Km
66 satélites
en 6 planos
i=86.4°



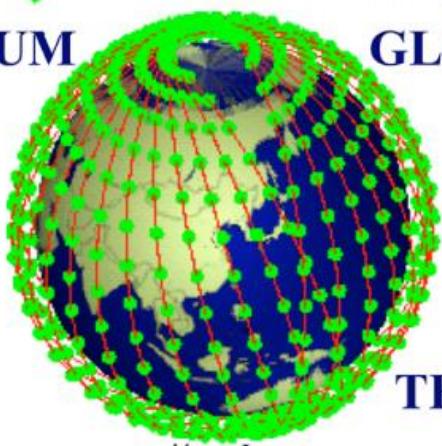
IRIDIUM

h=1400 Km
48 satélites
en 8 planos
i=52°



GLOBALSTAR

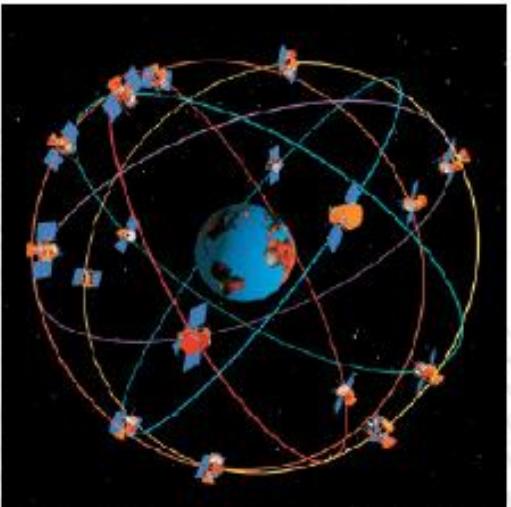
El dibujo corresponde a
una versión antigua:
840 satélites en 21 planos
i=98.16°



TELEDESIC

8. Sistemas satélite (x)

■ Ejemplos de sistemas MEO:



24 satélites en 6 planos
 $h=20200$ km
 $i=55^\circ$

GPS

- 27 satélites (+ 3 de reserva)
- 3 planos orbitales
- Inclinados 56°
- Nodos ascendentes separados 120° en el plano ecuatorial
- Cada plano, 9 satélites, separados 40° en anomalía
- $h=23222$ km ($T=14h07m$, que se repite cada 10 días)



Galileo

8. Sistemas satélite (xi)

■ Cinturón GEO:

