

3G vs. Tecnologías Inalámbricas Emergentes

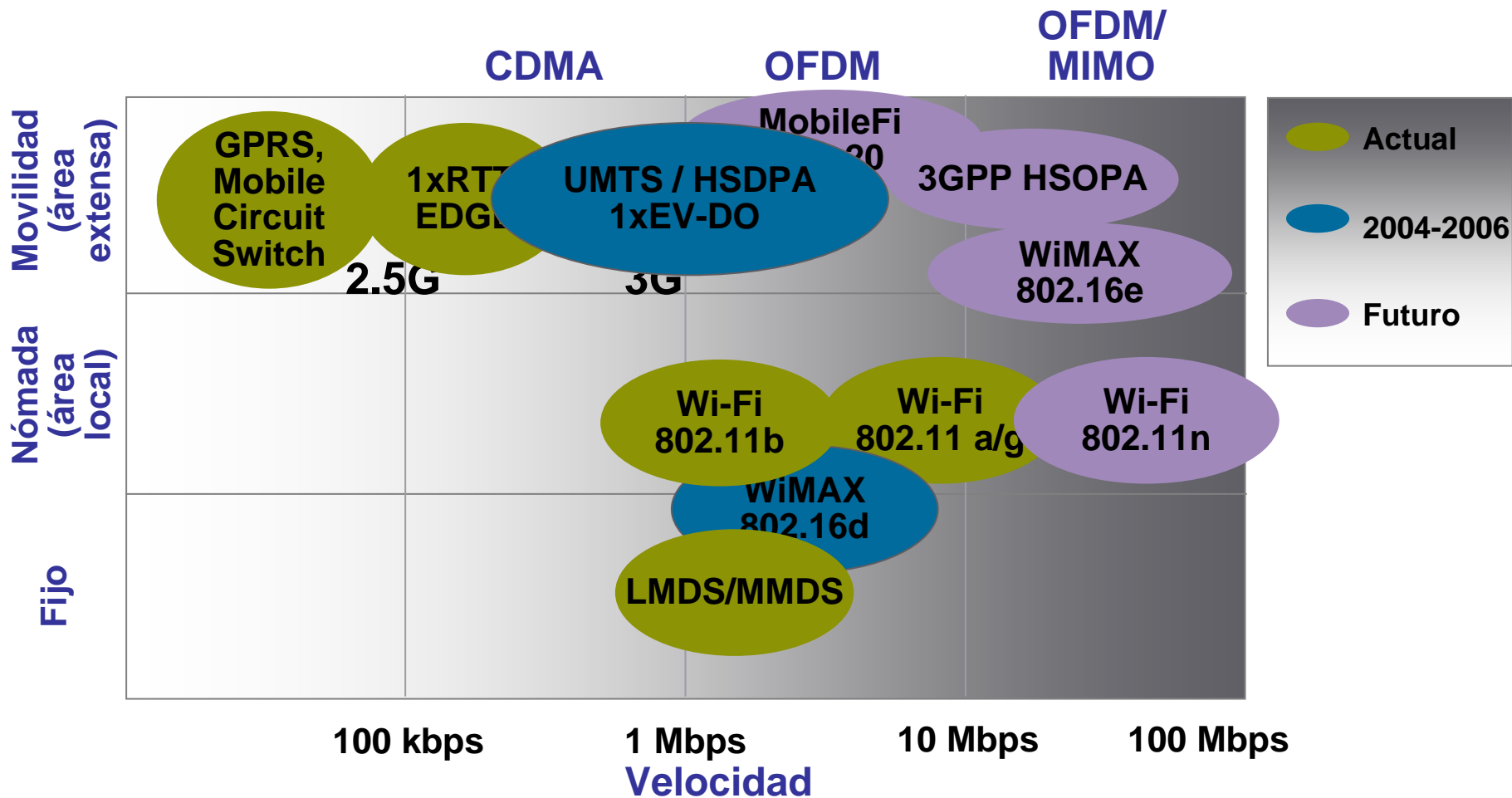


Índice

- 1. Introducción**
- 2. 3G**
- 3. Familia 802.11x (Wi-Fi)**
- 4. Familia 802.16x (WiMAX)**
- 5. Análisis Comparativo**
- 6. Conclusiones**

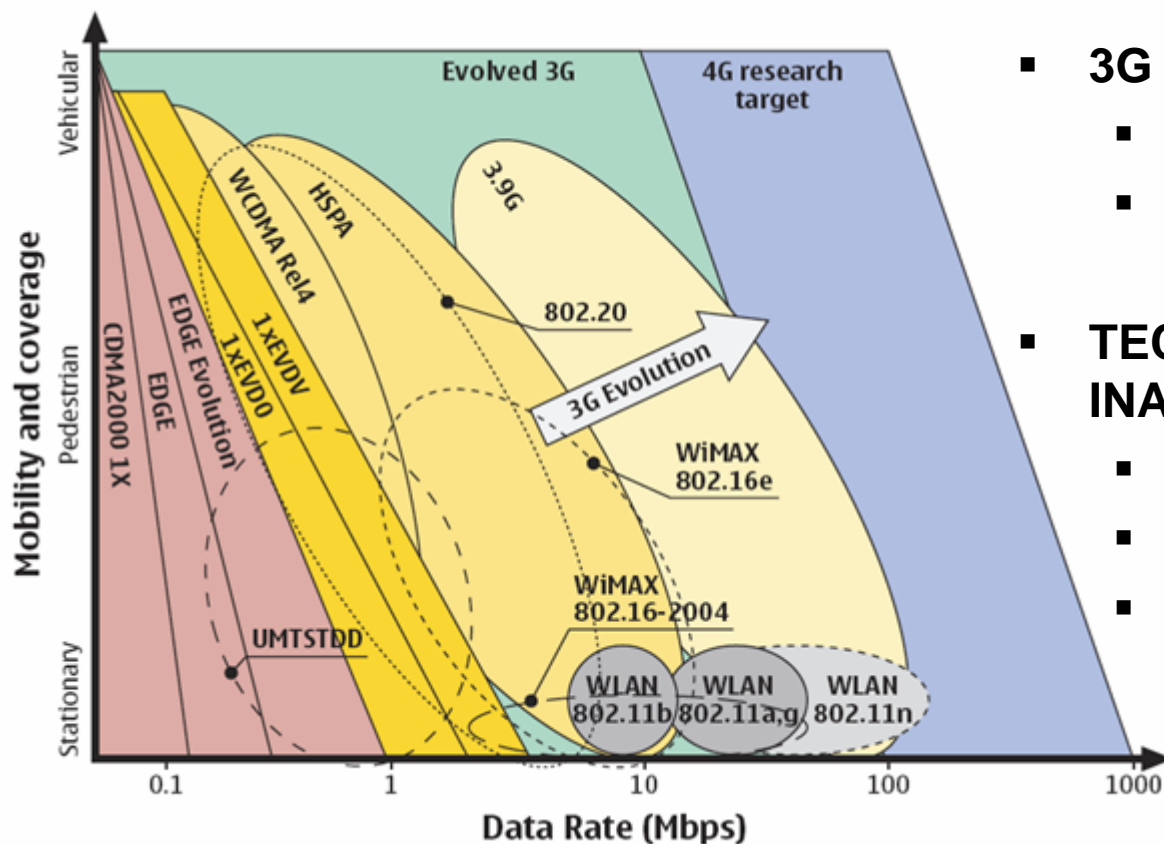
1. Introducción

- IEEE - Familia 802



1. Introducción

- ¿Qué vamos a comparar?



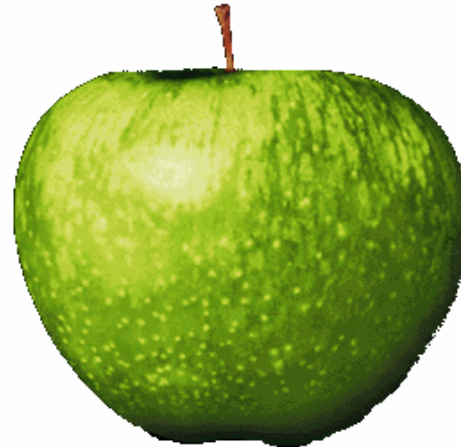
- **3G**
 - WCDMA
 - CDMA 2000 1xEVDO
- **TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EMERGENTES**
 - Familia 802.11x (Wi-Fi)
 - Familia 802.16x (WiMAX)
 - Familia 802.20 (MobileFi)

1. Introducción

Comparar:

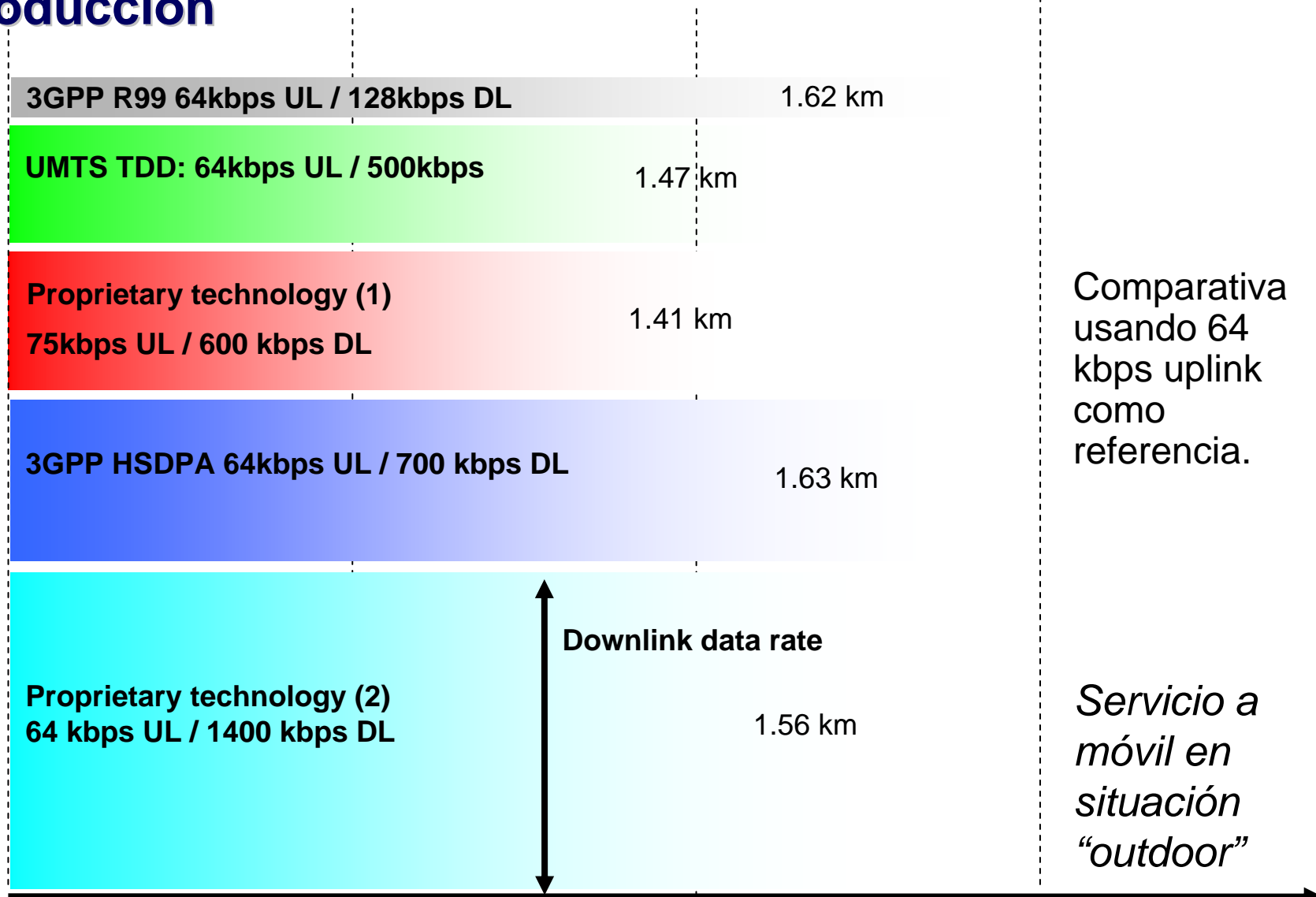


VS



?!

1. Introducción



La distancia depende de la tecnología...

1. Introducción



Estación base 3 sectores a 25 m:

	Gain	Height	Building loss	Range
Rooftop – LOS	10 dBi	8 m	0 dB	> 30km
Rooftop NLOS	10 dBi	8 m	0 dB	6.2 km
Terminal / Gateway in upstairs window	3 dBi	5 m	0 dB	1.8 km
Outdoor PCcard	0 dBi	1.5 m	0 dB	780 m
Indoor PCcard - Suburban	0 dBi	1.5 m	10 dB	410 m
Indoor PCcard - Urban	0 dBi	1.5 m	20 dB	210 m

Cálculos basados (excepto LOS) en modelo cost231-Hata con 10dB de margen y sin pérdidas en los cables. Sistema operando en 2 GHz a 1 Mbps desde un terminal que transmite 24 dBm PIRE, 3dB Eb/No, 5dB NF RX. Antena BS = 18dBi

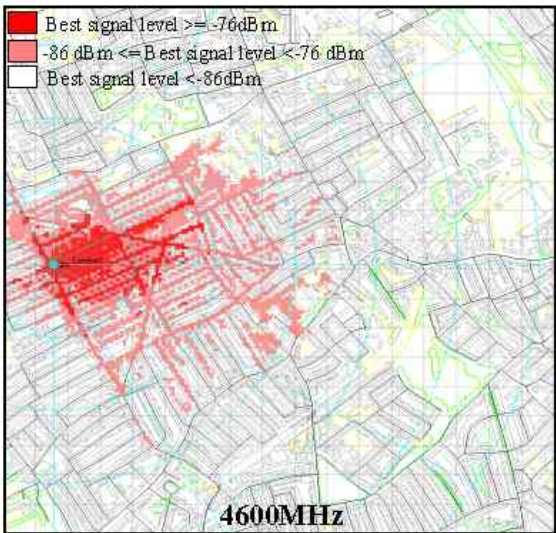
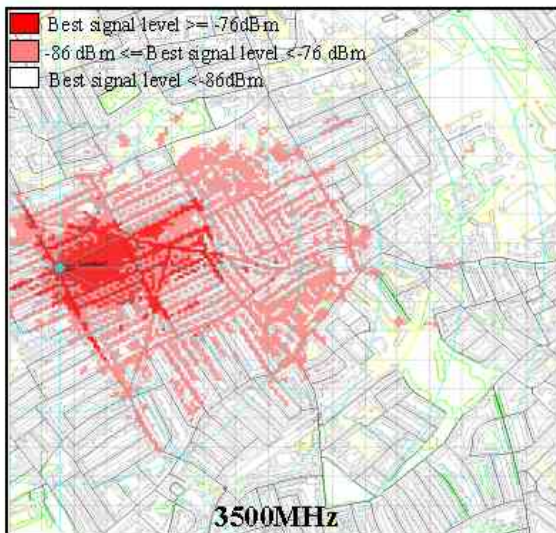
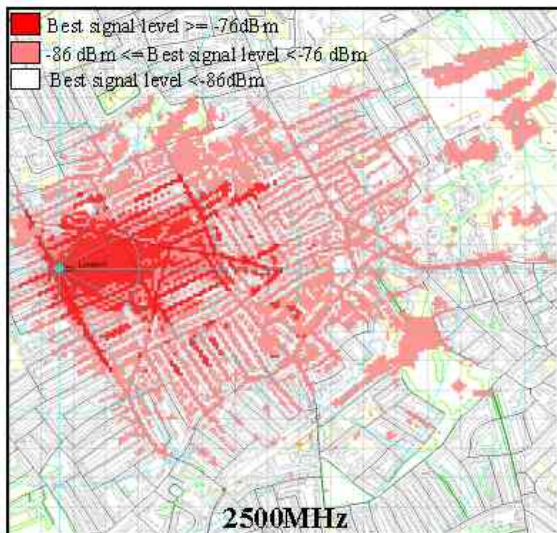
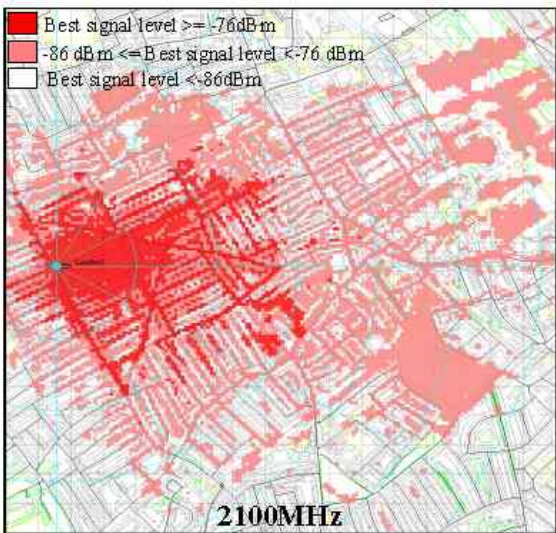
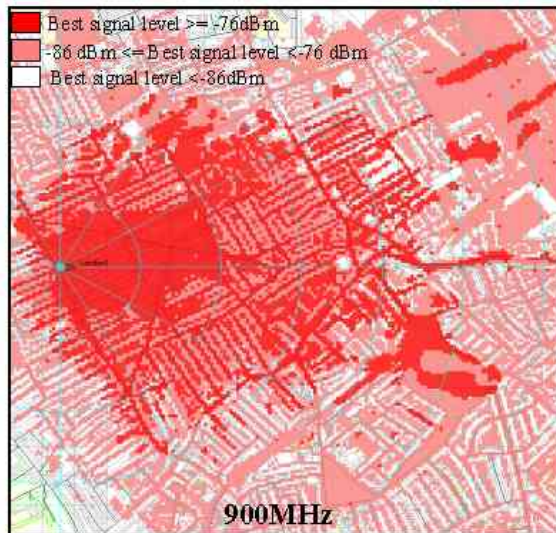
La distancia depende del tipo y situación del receptor...

1. Introducción



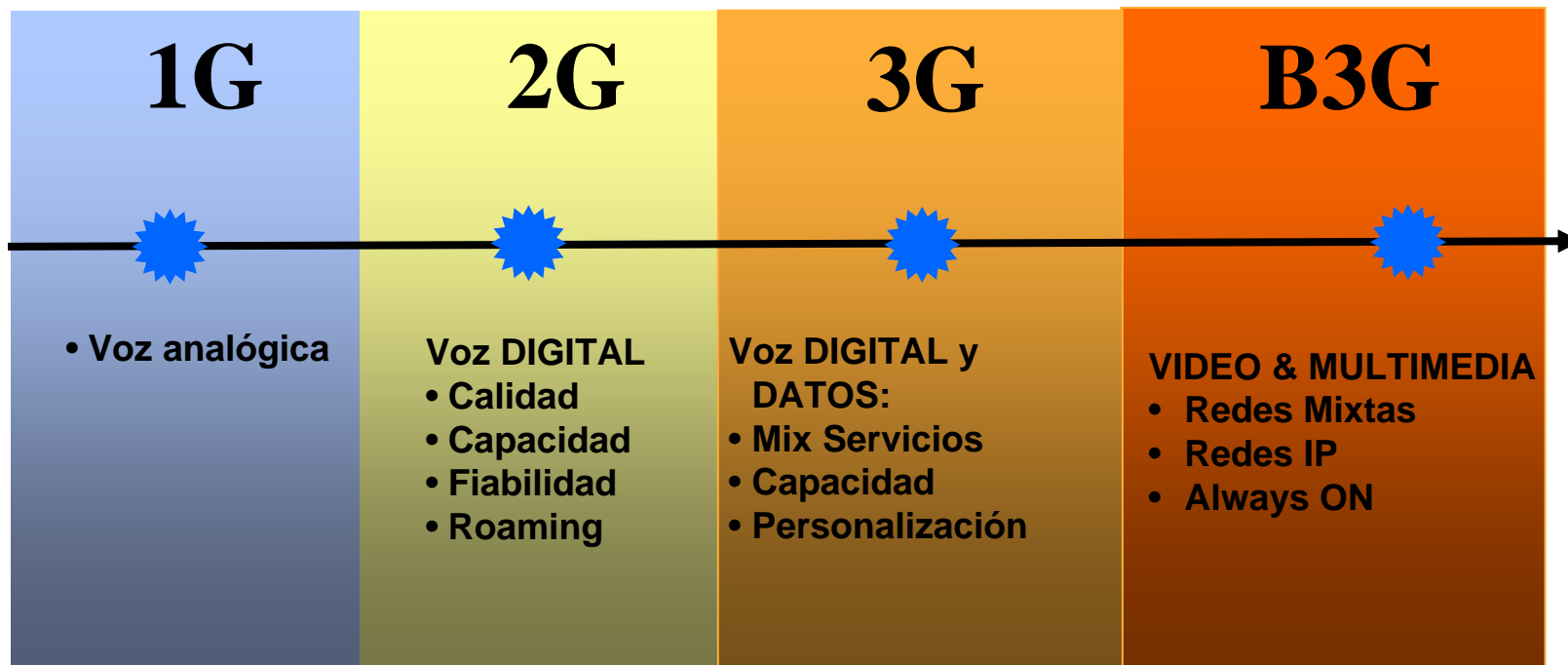
La distancia depende de la velocidad (data rate)...

1. Introducción



La distancia depende de la frecuencia...

2. 3G



2. 3G

REQUISITOS 3G

- Velocidades 2 Mbps (sin HSDPA, 384 Kbps)
- Ancho de banda “bajo demanda”
- Multiplexado de servicios con diferente QoS
- Soporte diferentes requerimientos de retardo, desde servicios “best-effort” hasta “real-time”
- Co-existencia con sistemas 2G
- Soporte tráfico asimétrico en up/down link
- Alta eficiencia espectral

2. 3G

- **Europa**

- En los 90 ETSI empezó investigación inicial tecnologías acceso
- Principales candidatas:
 - CDMA (WCDMA)
 - Wideband TDMA
 - OFDMA
- En Enero 98 se tomó la decisión:
 - WCDMA – “bandas pareadas” (uplink y downlink en diferentes frecuencias, Frequency Division Duplex FDD)
 - WTDMA/CDMA – “bandas no pareadas” (uplink y downlink en la misma frecuencia, Time Division Duplex TDD)

- **US**

- Multitud de estándares debido al perfil “neutral en tecnología”.
- Las más comunes:
 - WCDMA N/A in T1P1 (similar to ARIB/ETSI WCDMA)
 - UWC-136 (narrow and wide band TDMA)
 - cdma2000 (wideband version of IS95)

2. 3G

- **3GPP and 3GPP2**
 - 3GPP: Direct Sequence WCDMA (DS-WCDMA)
 - FDD estable en Release99 de 3GPP
 - Evolución clara de operadores GSM.
 - Primeros productos 3G.
 - TDD posteriormente (Release 4)
 - 3GPP2: Multi Carrier WCDMA (MC-WCDMA) for CDMA2000
 - Evolución natural operadores US, basada en core network IS-41

2. 3G

Performance Metric (Nomadic – 5 MHz)	Link	UMTS R3	1xEV-DO (0)	1xEV-DO (A)/ 1xEV-DV (D)	UMTS R5 (HSDPA)	Targets
Aggregate Data Throughput/Cell (Mbps)	<i>DL</i>	2.7	12.6	12.6	9	160
	<i>UL</i>	2.7	2.7	4.8	2.7	65
User Peak Data Rate (Mbps)	<i>DL</i>	2.0	2.5 w/o MIMO	3.1 w/o MIMO	10.8 w/o MIMO	40
	<i>UL</i>	2.0	0.15	1.8	2.0	20
Spectral Efficiency (bps/Hz/cell/carrier)	<i>DL</i>	0.5	2.5	2.5	1.8	32
	<i>UL</i>	0.5	0.5	1.0	0.5	13
Dormant to Active Transition Time (sec)	-	3.0	3.0	3.0	3.0	0.1
Cost wrt Downlink capacity (\$/Mb/s/km ²)	-	1	-	-	-	0.1

3. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- **Wi-Fi** es el conjunto de estándares para redes inalámbricas de área local basado en la familia de especificaciones IEEE 802.11
- Define:
 - Subcapa MAC + protocolos de gestión y servicios.
 - Capa PHY
 - IR
 - DHSS
 - FHSS



Objetivos:

- Conexión entre equipos inalámbricos, y entre dichos equipos y redes cableadas.
- Maximizar la velocidad de transmisión.
- Minimizar la pérdida de información en el interfaz aire.
- Garantizar la seguridad de las conexiones.

3. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- Estándares 802.11

Estándar	Descripción
802.11	Estándar WLAN original. Soporta de 1 a 2 Mbps.
802.11a	Estándar WLAN de alta velocidad en la banda de los 5 GHz. Soporta hasta 54 Mbps.
802.11b	Estándar WLAN para la banda de 2.4 GHz. Soporta 11 Mbps.
802.11e	Está dirigido a los requerimientos de calidad de servicio para todas las interfaces IEEE WLAN de radio.
802.11f	Define la comunicación entre puntos de acceso para facilitar redes WLAN de diferentes proveedores.
802.11g	Establece una técnica de modulación adicional para la banda de los 2.4 GHz. Dirigido a proporcionar velocidades de hasta 54 Mbps.
802.11h	Define la administración del espectro de la banda de los 5 GHz para su uso en Europa y en Asia Pacífico.
802.11i	Está dirigido a abatir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación.

3. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- Estándares 802.11

Estándar WLAN	802.11b	802.11a	802.11g	802.11h
Organismo	IEEE(USA)	IEEE	IEEE	IEEE
Finalización	1999	2002	Jun,2003	2003
Denominación	Wi-Fi	Wi-Fi5		
Banda frecuencias	2.4GHz (ISM)	5 GHz	2.4GHz (ISM)	5 GHz
Velocidad máx.	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Throughput medio	5,5 Mbps	36 Mbps		
Interfaz aire	SSDS/FH	OFDM	OFDM	OFDM
Disponibilidad	>1000	algunos	algunos	algunos
Otros aspectos				TPC, DFA
Nº de canales	3c no solapados	12 no solapados	3 no solapados	19 no solapados

3. Familia 802.11x (Wi-Fi)

Componentes

- **Estación**

Cualquier dispositivo que contenga las funcionalidades asociadas al protocolo 802.11.

- **Punto de acceso**

Estación direccionable que proporciona un interfaz entre el sistema de distribución y las estaciones que están repartidas en su BSS.

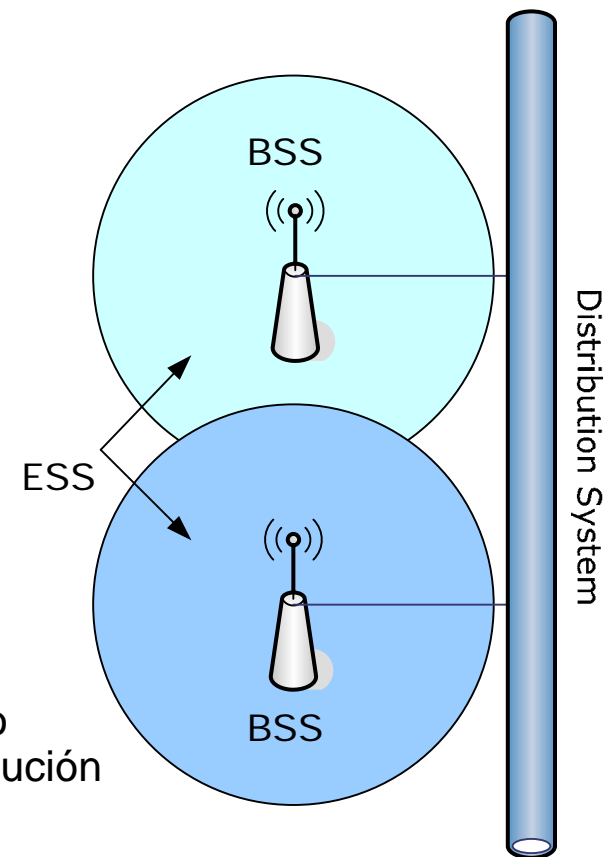
Arquitectura 802.11 (I)

- **BSS – Basic Service Set**

- Independent BSS (*Ad-hoc*)
- Infraestructura BSS

- **ESS – Extended Service Set**

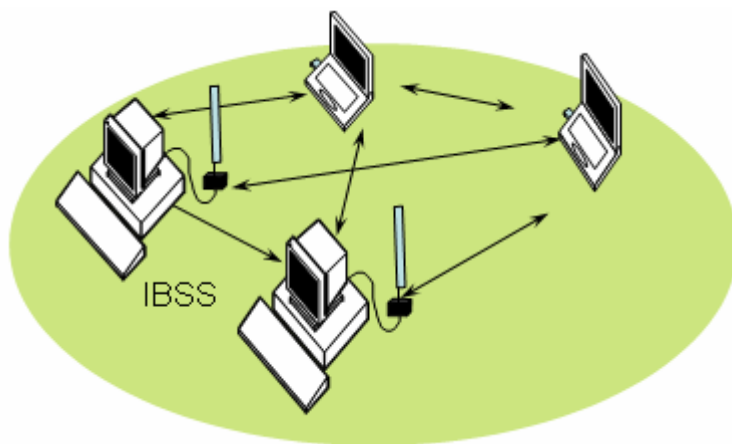
- Conjunto de diferentes BSS relacionados entre sí
- ESSID común
- Conexión de puntos de acceso mediante un sistema de distribución
- Gestión del roaming



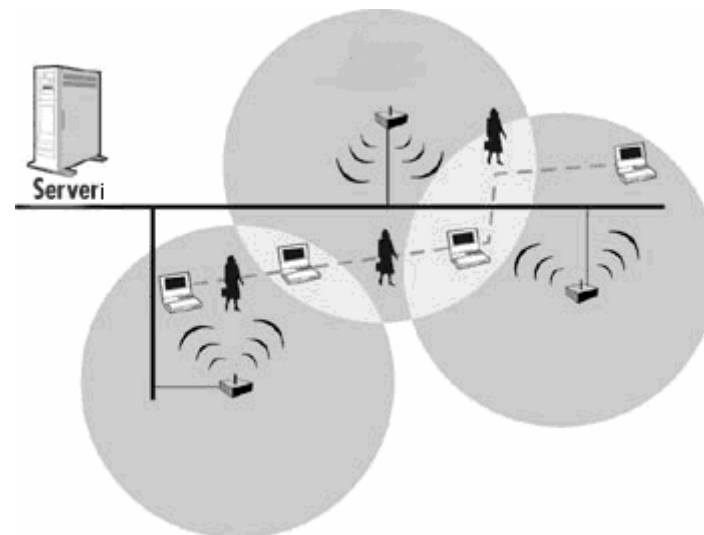
3. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- Arquitectura 802.11 (II)

**Roaming a nivel 2
contemplado en la
recomendación 802.11f**



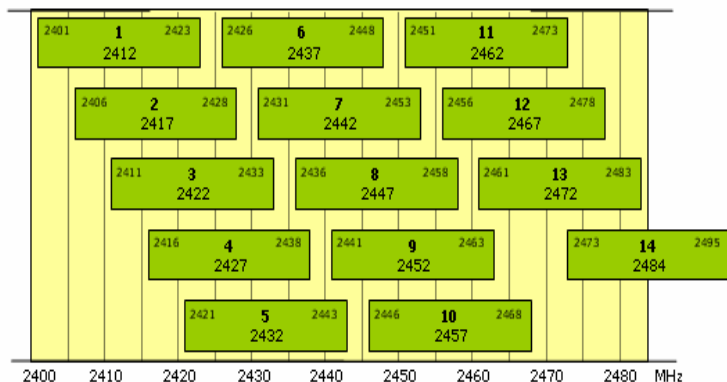
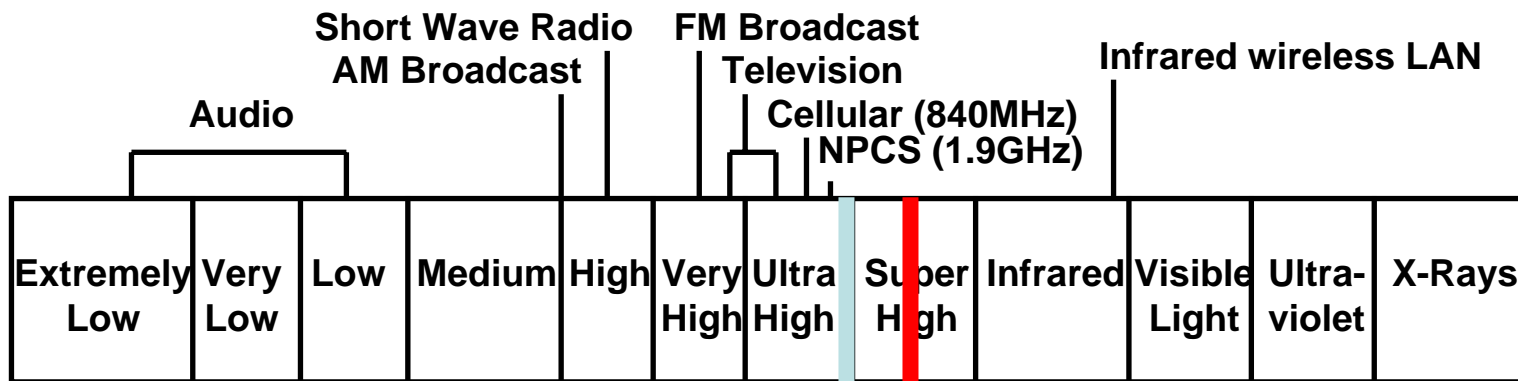
**Independent BSS
(red *ad-hoc*)**



Infraestructure BSS

3. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- Distribución frecuencial



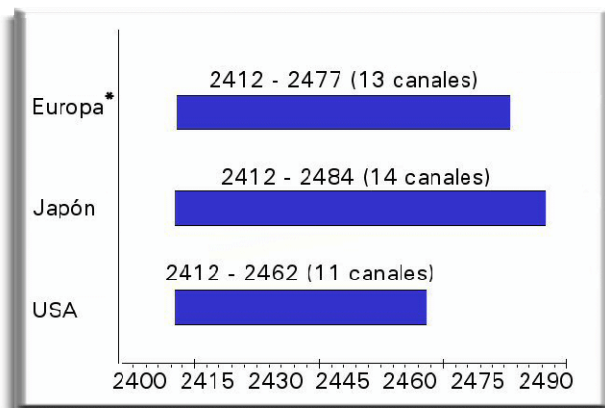
2,4 GHz
IEEE 802.11b/g
Canal 20 MHz

5 GHz
IEEE 802.11a/h
Canal 20 MHz

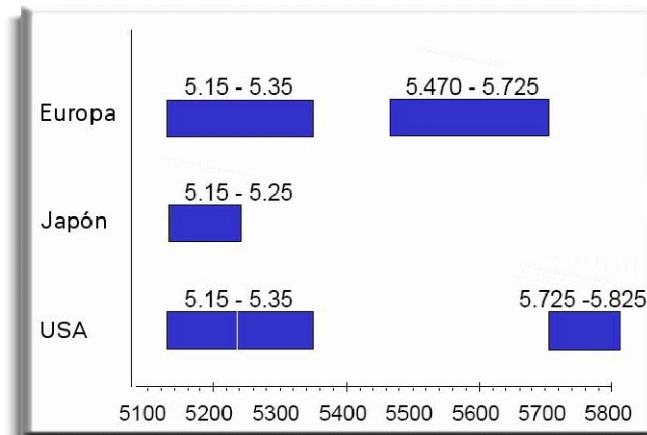
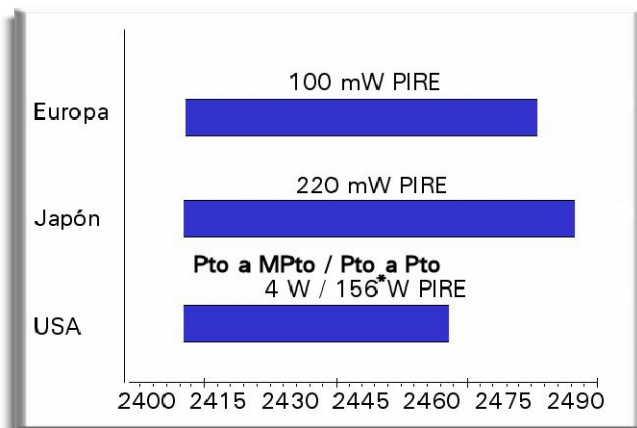
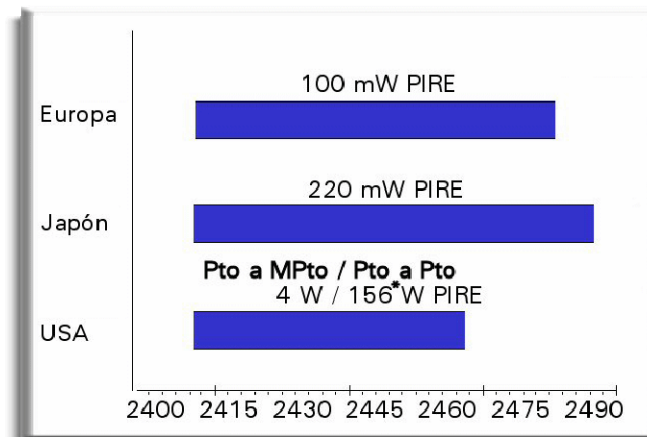
3. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- Regulación

Banda 2.4 GHz



Banda 5 GHz



4. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- Capa PHY
 - *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS)
 - 2.4 GHz : 2 Mbps
 - *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS)
 - 110KHz deviation : 2 Mbps
 - Infrarrojos (IR)
 - IR : 1 - 2 Mbps
 - OFDM PHY – IEEE 802.11a
 - 5.0 GHz : 54 Mbps
 - High Rate DSSS – IEEE 802.11b
 - 2.4 GHz : 11 Mbps

4. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- **Capa MAC**
- Control Acceso al Medio: CSMA/CA
 - Protocolo de control de redes utilizado para evitar colisiones entre paquetes de datos.
 - Es un método de acceso de red en el cual cada dispositivo señala su intento para transmitir antes de que lo haga realmente.
 - En CSMA/CA, tan pronto como un nodo recibe un paquete que deba ser enviado, comprueba que el canal esta libre. Si el medio o canal esta libre, entonces el paquete es enviado después de esperar por un corto periodo de tiempo; pero si el canal esta ocupado, el nodo esperara por un periodo de backoff.
- Otras funcionalidades:
 - Fragmentación paquetes
 - Seguridad: autenticación / encriptación
 - Movilidad
 - Gestión potencia

3. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- **Alcance y rendimiento**

- El rendimiento decrece mucho conforme aumenta la distancia (microondas)
- Múltiples interferencias en la banda 2.4 GHz (banda saturada y pocos canales)
- Pérdida exponencial de rendimiento cuando hay más de 10 equipos asociados a un punto de acceso.
- Mayor penetración conforme menor es la frecuencia (mejor alcance en interiores de 802.11b/g sobre 802.11a)

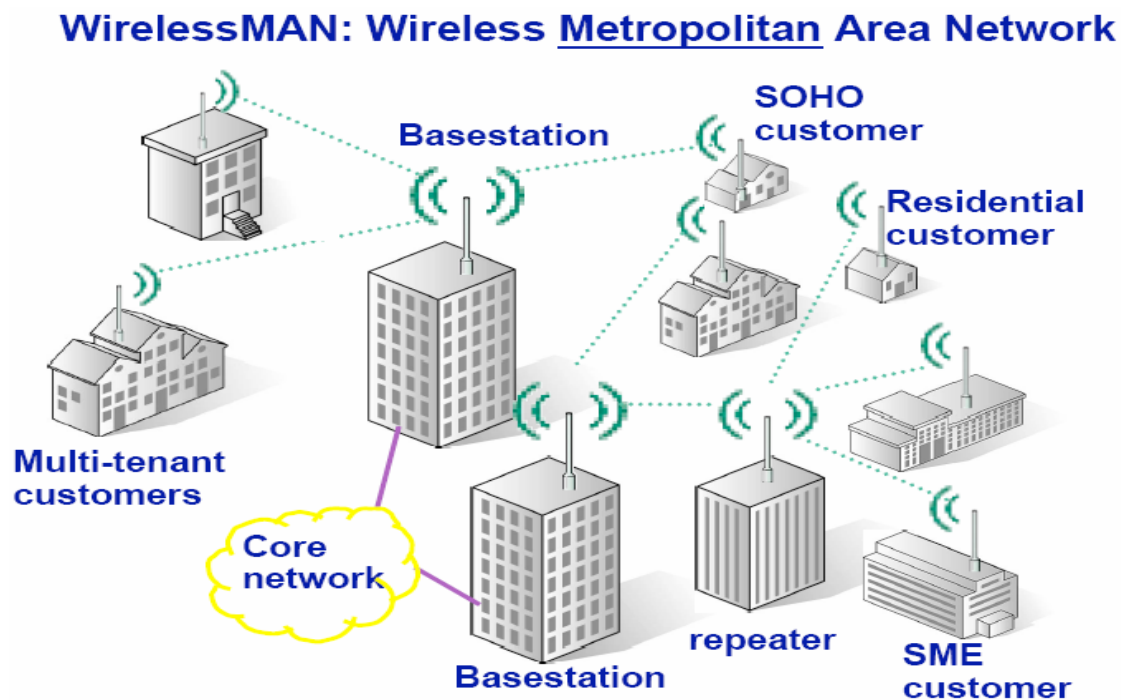
	Alcance	Rendimiento
802.11 b	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores 40 -100 m • Exteriores 500 - 700 m 	Máximo 7.5 Mbps
802.11 g	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores 40 -100 m • Exteriores 500 - 700 m 	Máximo 27 Mbps
802.11 a	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores 12 - 30 m • Exteriores 50 - 400 m 	Máximo 36 Mbps

3. Familia 802.11x (Wi-Fi)

- Seguridad 802.11
 - WEP
 - *Wired Equivalent Privacy*
 - RC4 y CRC32
 - Múltiples vulnerabilidades conocidas
 - WPA
 - *Wi-Fi Protected Access*
 - Claves dinámicas más robustas
 - Modos *personal* (WPA-PSK) y *enterprise* (WPA-RADIUS)
 - 802.1x
 - Autenticación basada en puertos
 - 802.11i (WPA2)
 - RSN (*Robust Security Network*)
 - AES (Rijndael)

4. Familia 802.16x (WiMAX)

Estándar desarrollado por IEEE con el objetivo de proporcionar sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha y gran alcance (hasta 50 Km)



4. Familia 802.16x (WiMAX)

- Entornos y Servicios
 - Residencial de alta capacidad.
 - Conexión (tipo E1) a negocios.
 - *Backhaul* de hotspots WiFi.
 - Usuarios individuales portátiles/móviles
 - Acceso banda ancha en zonas rurales.



4. Familia 802.16x (WiMAX)

- **Perfiles**

- El estándar se desarrolló para que pudiese ser adaptado a diversos escenarios:
 - Uso de diferentes rangos de frecuencias.
 - Ajuste niveles de potencia conforme a la legislación de cada país.
 - Escenarios LOS, OLOS y NLOS.
 - Diferentes anchos de canal.
 - Soporte de QoS en caso de que sea requerido.
 - Ajustes de diferentes requerimientos de movilidad.
- Finalmente se han definido dos perfiles principales, determinados principalmente por el tipo de acceso:
 - **802.16(d)-2004 WiMAX** (WiMAX Fijo)
 - **802.16(e)-2005 WiMAX** (WiMAX móvil)

4. Familia 802.16x (WiMAX)

Definition	Devices	Locations/ Speed	Handoffs	802.16-2004	802.16e
Fixed access	Outdoor and indoor CPEs	Single/ Stationary	No	Yes	Yes
Nomadic access	Indoor CPEs, PCMCIA cards	Multiple/ Stationary	No	Yes	Yes
Portability	Laptop PCMCIA or mini cards	Multiple/ Walking speed	Hard handoffs	No	Yes
Simple mobility	Laptop PCMCIA or mini cards, PDAs or smartphones	Multiple/ Low vehicular speed	Hard handoffs	No	Yes
Full mobility	Laptop PCMCIA or mini cards, PDAs or smartphones	Multiple/ High vehicular speed	Soft handoffs	No	Yes

4. Familia 802.16x (WiMAX)

- **Bandas de frecuencia**

- Las bandas de frecuencias vienen definidas en lo que se llaman perfiles de certificación, los cuales además definen el ancho de los canales y el tipo de duplexación utilizada (TDD o FDD).
- Los perfiles de certificación se desarrollan en función de:
 - La demanda del mercado
 - Disponibilidad de espectro
 - Leyes regulatorias del espectro
 - Servicios que se pretenden ofrecer
 - Intereses de los fabricantes (WiMAX Forum)

Bandas de frecuencia para WiMAX fijo y móvil.	
802.16-2004	3.5 GHz, 5.8 GHz
802.16-2005	2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.5 GHz

4. Familia 802.16x (WiMAX)

- **Alcance y throughput**
 - El alcance teórico de WiMAX Fijo es de 50 Km, siendo el alcance real estimado de unos 5 Km, siempre dependiendo de las condiciones de visibilidad, sensibilidad de los equipos, y banda de frecuencia utilizada.
 - El *throughput* que se puede obtener depende del ancho del canal utilizado.

Throughput teórico por sector para WiMAX fijo y móvil

Ancho de canal	Throughput
5 MHz	Hasta 15 Mbps
10 MHz	Hasta 35 Mbps
20 MHz	Hasta 75 Mbps

4. Familia 802.16x (WiMAX)

- Capa PHY
 - **WiMAX fijo:**
 - OFDM
 - Modulación adaptativa y codificación para corrección de errores adaptativa
 - Soporta TDD y FDD
 - Canales de anchura flexible
 - Diseñado para soportar “smart antennas”
 - **En WiMAX móvil se introdujeron las siguientes modificaciones:**
 - S-OFDMA (*Scalable Orthogonal División Multiple Access*)
 - Inicialmente sólo soporta TDD, con la posibilidad de añadir nuevos perfiles que soporten FDD según las necesidades del mercado
 - Se han añadido otras características avanzadas que mejoran el comportamiento en lo que respecta a la movilidad: AMC, HARQ y CQICH

4. Familia 802.16x (WiMAX)

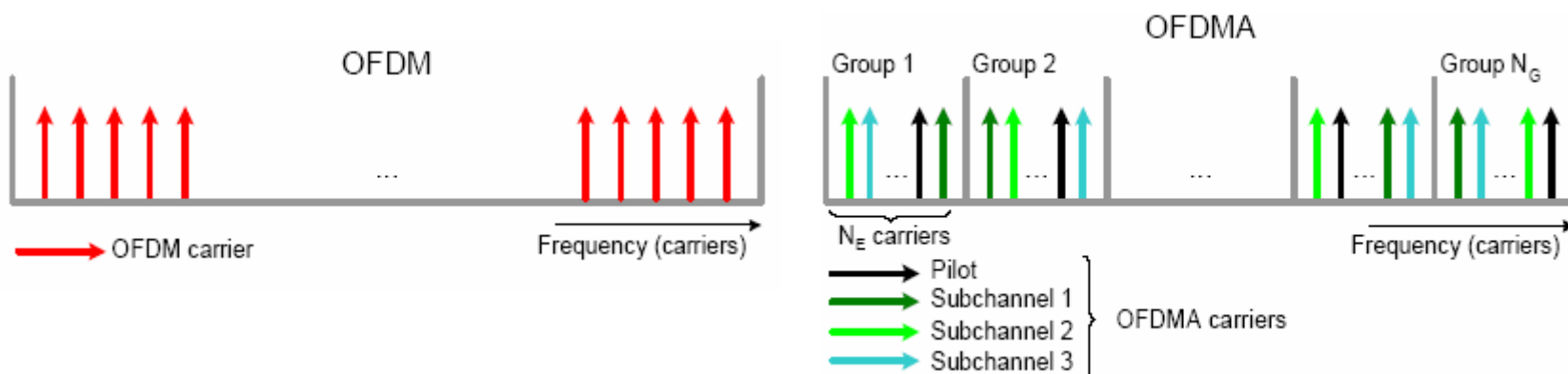
• Capa PHY

▪ WiMAX fijo utiliza OFDM:

- Menos complejo que OFDMA: Despliegue más rápido y menos costoso.
- Menor flexibilidad a la hora de controlar el ancho de banda.
- Todos las portadoras se transmiten en paralelo con la misma amplitud.

▪ WiMAX móvil utiliza OFDMA:

- Técnica de multiplexación de frecuencias más compleja que OFDM.
- Mejor asignación del ancho de banda a para cada usuario.
- El espacio de portadoras está subdividido en grupos, los cuales no tienen por que tener la misma amplitud, modulación ni codificación, siendo estos parámetros función del estado del enlace y del ancho de banda requerido por el usuario.



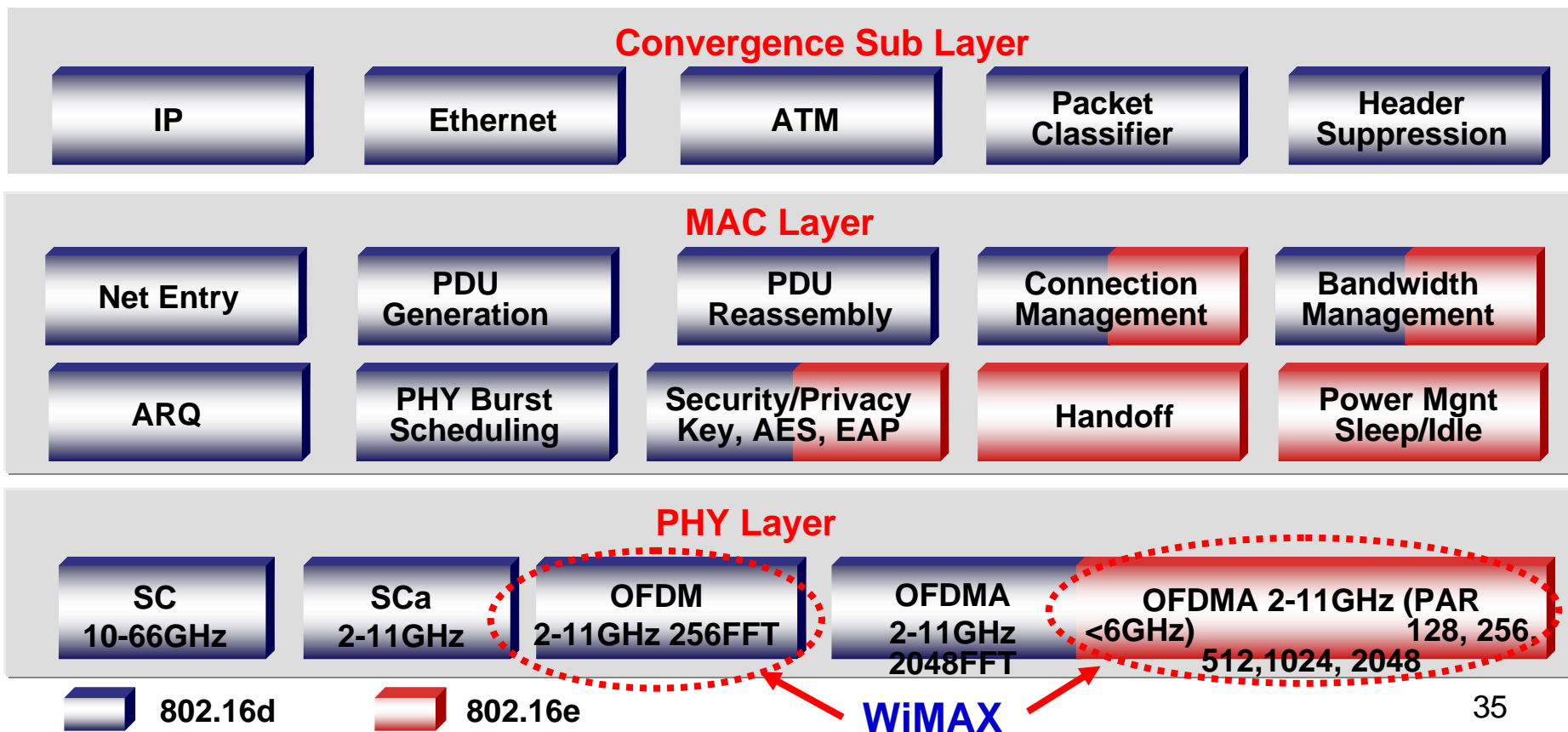
4. Familia 802.16x (WiMAX)

- **Capa MAC**
 - **WiMAX fijo:**
 - QoS: *Best Effort, Non Real Time Variable Bit Rate, Real Time Variable Bit Rate y Continuous Grant.*
 - ARQ (Automatic Retransmission Request).
 - Modulaciones adaptativas.
 - APC (Automatic Power Control).
 - Seguridad y encriptación: Triple DES
 - **WiMAX móvil:**
 - Nuevas categorías QoS: UGS, rtPS, ErtPS, nrtPS, BE
 - Servicio de gestión del enlace.
 - Gestión de la movilidad:
 - Gestión de la potencia de alimentación de los equipos.
 - Soporte obligatorio de *handoff*.
 - Seguridad:
 - Manejo de claves: PKMv2
 - Autenticación: IETF EAP
 - Encriptación de tráfico: AES-CCM

4. Familia 802.16x (WiMAX)

▶ 802.16e = 802.16d + movilidad

- ❑ Modificación en capa PHY: OFDM a SOFDMA
- ❑ Modificación en capa MAC para seguridad, handoff, roaming y gestión de recursos (potencia, ancho de banda, calidad de servicio)



4. Análisis Comparativo

- Comparativa básica

Tecnología	Ancho Banda Canal	Radio Celdas	Velocidad (downlink)
WiFi	20 MHz	0,01 – 0,1 km	5 – 50 Mbps
WiMAX	1.25–20 MHz	1–9 km (NLoS), 10–50 km (LoS)	< 75 Mbit/s
Mobile WiMAX	1.25–10 MHz	2–5 km (typical)	< 30 Mbit/s
IEEE 802.20	1.25–?? MHz	MAN scale	> 1 Mbit/s
WCDMA/ HSDPA	5 MHz	< 0.1 km, < 1 km, < 20 km	1.8–14.4 Mbit/s
CDMA 1xEVDO	5 or 10 MHz	2.5–30 km (typical)	1.5–3 Mbit/s

4. Análisis Comparativo

- Situación Actual y Roadmap

<u>System</u>	<u>Enhancements</u>	<u>First Commercial Availability</u>
<u>1xEVDO, CDMA2000</u>		
Rev 0	DL Enhancements	2003
Rev A	Add UL Enhancements	2005
Rev B	Add Multi-Carrier	2008
<u>HSPA, WCDMA</u>		
HSDPA	DL Enhancements	2005/2006
HSUPA	Add UL Enhancements	2007/8
<u>WiMAX</u>		
Mobile WiMAX	Mobility	2006/7

4. Análisis Comparativo

- **Características Radio**

Attribute		1xEVDO Rev A	HSDPA/HSUPA (HSPA)	Mobile WiMAX
Base Standard		CDMA2000/IS-95	WCDMA	IEEE 802.16e-2005
Duplex Method		FDD	FDD	TDD ³
Downlink		TDM	CDM-TDM	OFDMA
Uplink Multiple Access		CDMA	CDMA	
Channel BW		1.25 MHz	5.0 MHz	Scalable: 5, 7, 8.75, 10 MHz
Frame Size	DL	1.67 milliseconds	2 milliseconds	5 milliseconds TDD
	UL	6.67 milliseconds	2, 10 milliseconds	
Modulation DL		QPSK/8PSK/16QAM	QPSK/16QAM	QPSK/16QAM/64QAM
Modulation UL		BPSK,QPSK/8PSK	BPSK/QPSK	QPSK/16QAM
Coding		Turbo	CC, Turbo	CC, Turbo
DL Peak Over the Air Data Rate		3.1 Mbps	14 Mbps	46 Mbps, DL/UL=3 ⁴ 32 Mbps, DL/UL=1 (10 MHz BW)
UL Peak Over the Air Data Rate		1.8 Mbps	5.8 Mbps	7 Mbps, DL/UL=1 ⁵ 4 Mbps, DL/UL=3 (10 MHz BW)
H-ARQ		Fast 4-Channel Synchronous IR	Fast 6-Channel Asynchronous CC	Multi-Channel Asynchronous CC
Scheduling		Fast Scheduling in the DL	Fast Scheduling in the DL	Fast Scheduling in DL and UL
Handoff		Virtual Soft Handoff	Network Initiated Hard Handoff	Network Optimized Hard Handoff
Tx Diversity and MIMO		Simple Open Loop Diversity	Simple Open & Closed Loop Diversity	STBC, SM
Beamforming		No	Yes (Dedicated Pilots)	Yes

Características Comunes:

- **Adaptative Modulation & Coding (AMC)**
- **Hybrid ARQ (HARQ)**
- **Fast Scheduling**
- **Bandwidth Efficient Handoff**

4. Análisis Comparativo

- Velocidad (data rate)

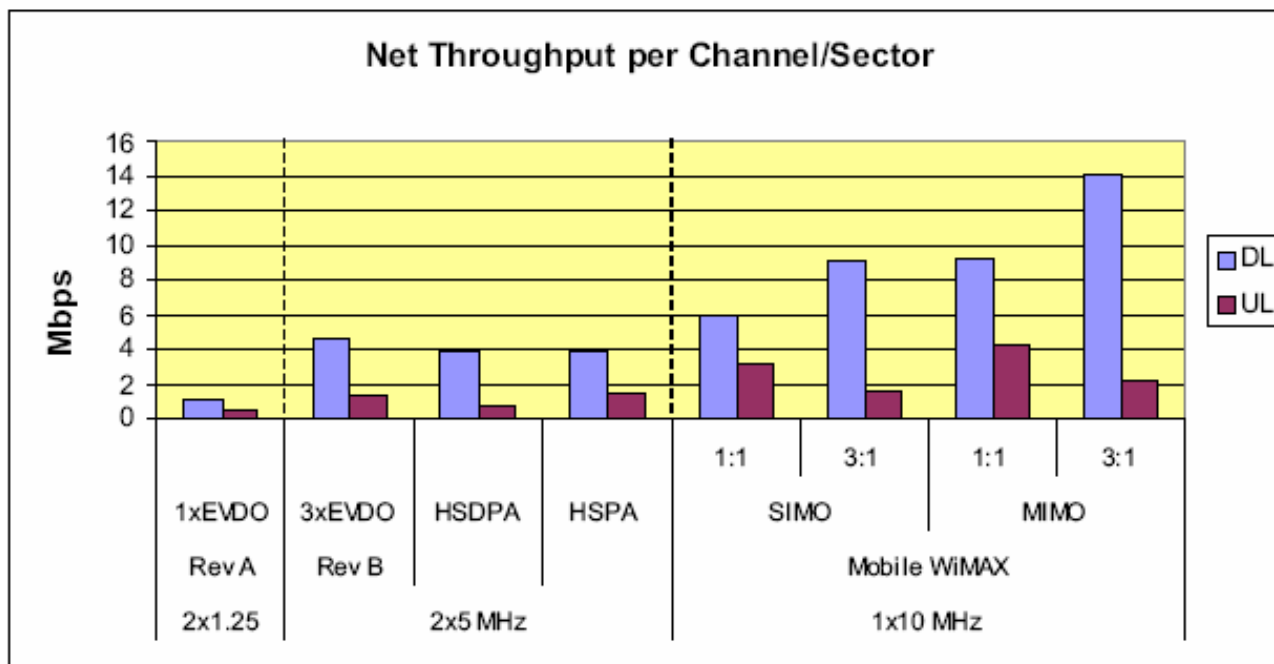


Figure 11: Channel/Sector Throughput Comparison

4. Análisis Comparativo

- Eficiencia Espectral

- Mejor en WiMAX Móvil fundamentalmente porque OFDMA tiene ventajas en multipath

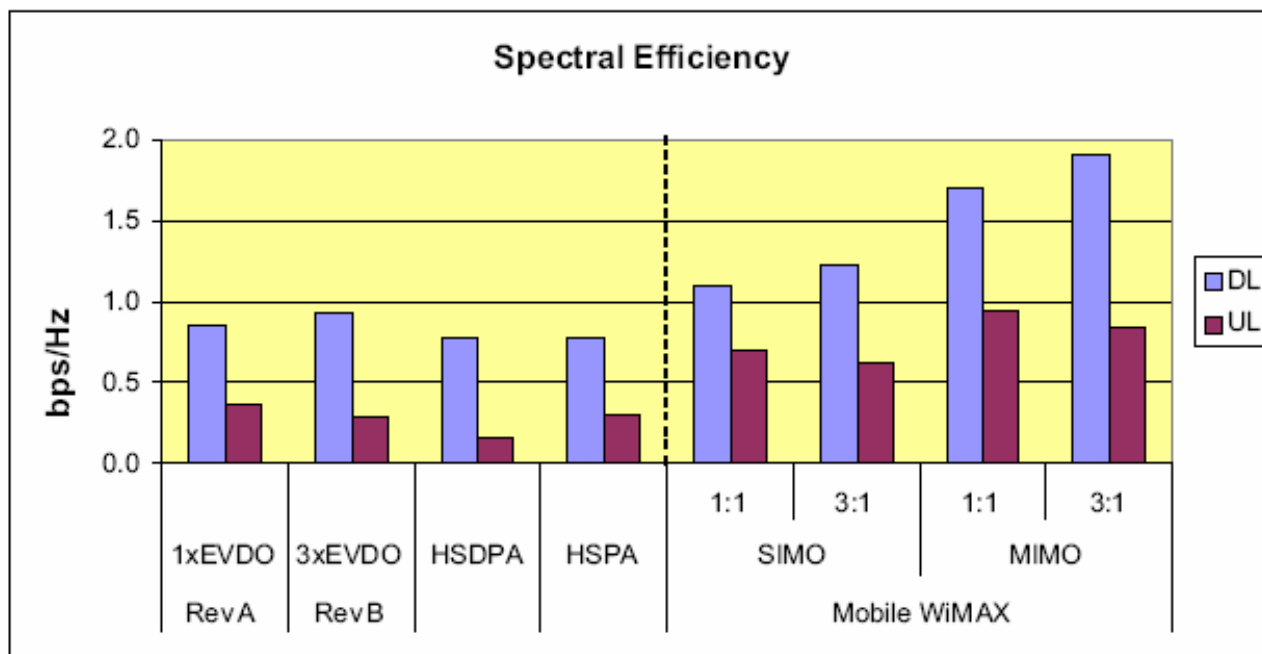


Figure 12: Spectral Efficiency Comparison

4. Análisis Comparativo

- QoS
 - **3G (Mecanismo más simple basado en prioridades)**
 - Conversational Class services
 - Streaming Class services
 - Interactive Class services
 - Background Class services
 - **WiMAX Móvil (Mecanismo más complejo aunando voz y datos)**
 - Unsolicited Grant Service (UGS): VoIP
 - Real-Time Polling Service (rtPS): Streaming Audio / Video
 - Extended Real-Time Polling Service (ErtPS): Voz con Activity Detection
 - Non-Real-Time Polling Service (nrtPS): FTP
 - Best-Effort Service (BE): Transferencia datos, navegación, ...

4. Análisis Comparativo

- **Roaming / Movilidad**

- 3G mejor que WiMAX Móvil
- WiMAX Móvil diseñado para equipos portables/nomádicos inicialmente
- Ventaja fundamental para voz

- **Escalabilidad / Cobertura**

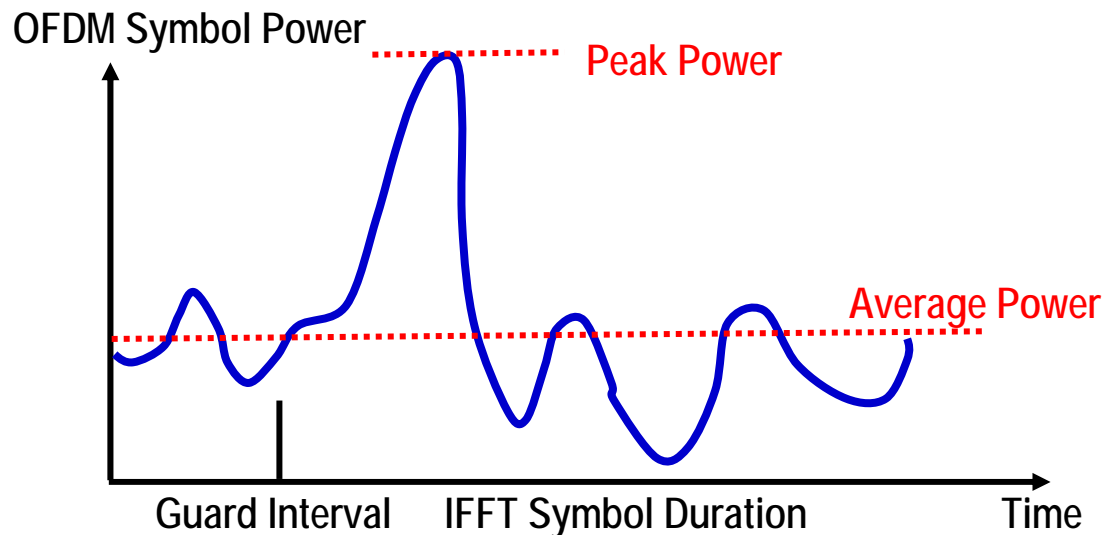
- Ventaja clara 3G frente a WiMAX móvil, por tecnología y por espectro
- Ventajas para WiMAX Móvil para datos simétricos
- Problemas para ambas en interiores

- **Seguridad**

- No hay comparación posible
- WiMAX Móvil proporciona mecanismos probados de encriptación + autenticación a nivel 2. A nivel de aplicación se pueden implementar mecanismos adicionales de seguridad.
- 3G hereda mecanismos de redes móviles: SIM + IMEI a nivel usuario y terminal para acceso a la red y 802.1x (EAP) + RADIUS para acceso a servicios de datos. A nivel de aplicación también se pueden implementar mecanismo adicionales.

4. Análisis Comparativo

- **Potencia (Baterías)**
 - Consumo de potencia en WiMAX Móvil puede ser un gran problema.
 - El estándar WiMAX fue diseñado para largos alcances y sistemas fijos/portables.
 - Mayores velocidades de transmisión de datos implican mayores potencias de transmisión.



802.16's Effort in Power/RF

- Power-Saving mode and Scalable OFDMA are added to 802.16e
- But higher FFT has more severe PAPR (peak to average power ratio)

4. Análisis Comparativo

- **Coste**

- WiMAX Móvil tiene menor coste por sector y core network
- WiMAX Móvil tiene mayor coste CPEs
- Igual coste despliegue (emplazamientos y obra civil)
- Coste licencias espectro y costes oportunidad ?????!!!!

Sensitivity on cell radius (km)

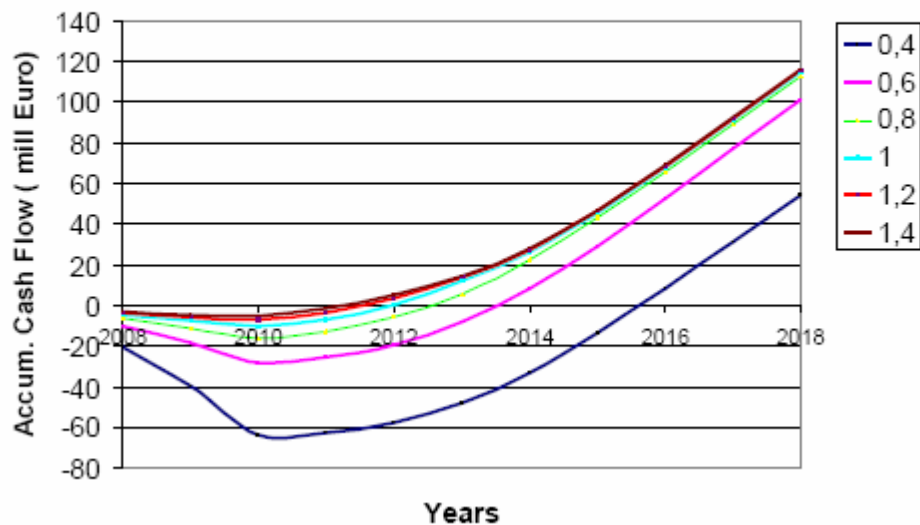
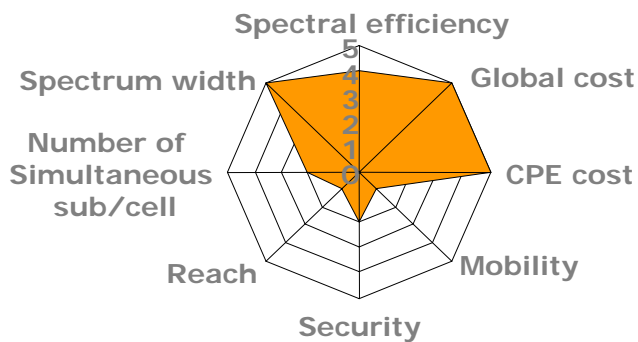


Gráfico. Sensibilidad del Business Case al Radio de Cobertura

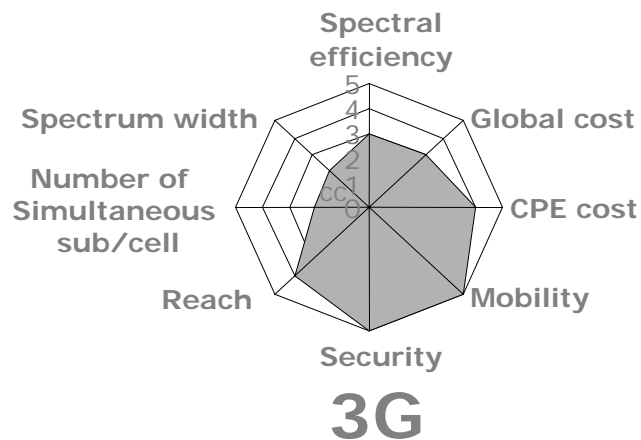
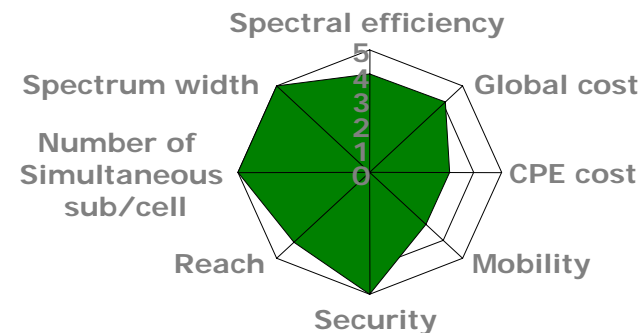
4. Análisis Comparativo

- Resumen

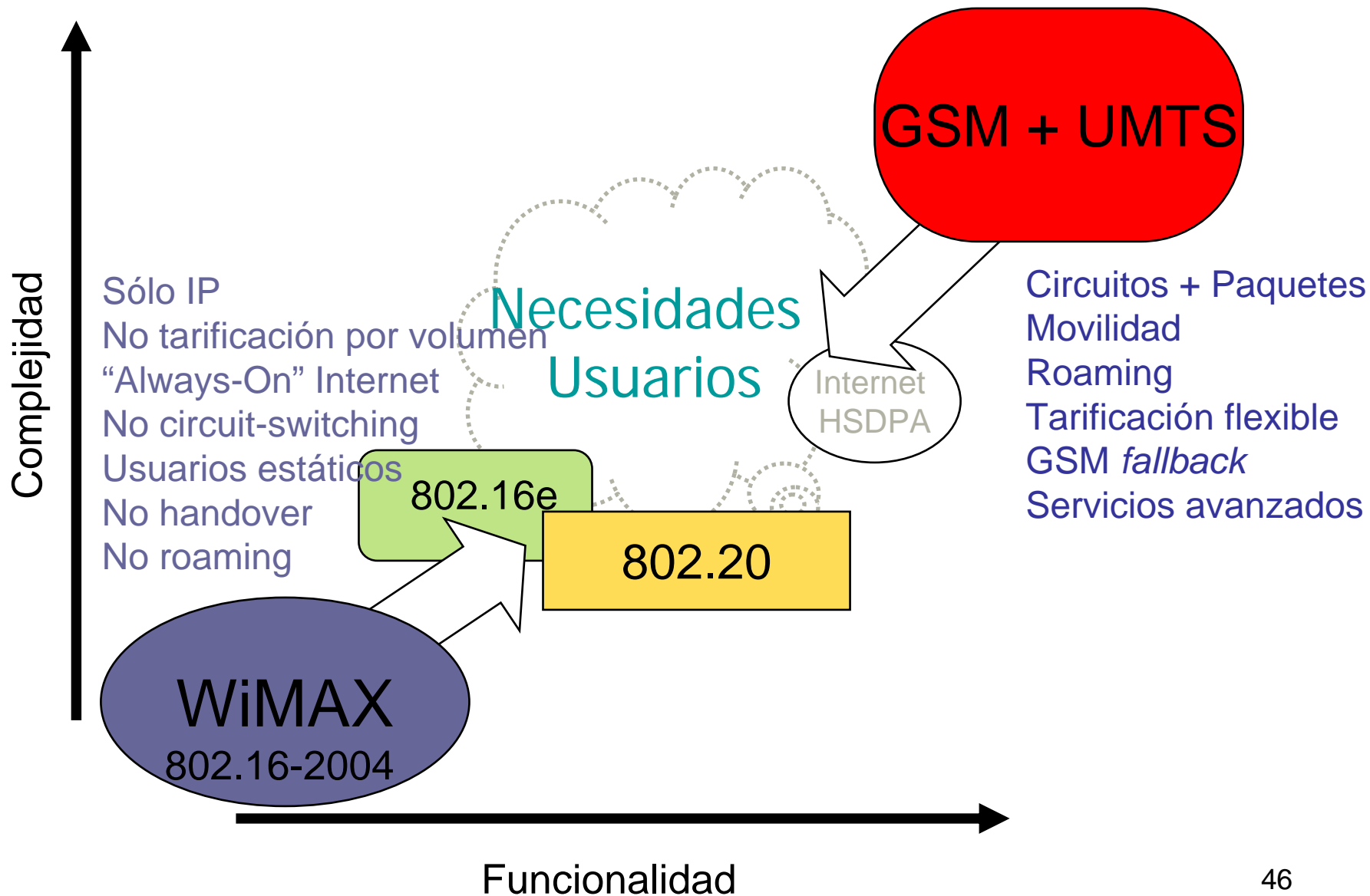
WiFi



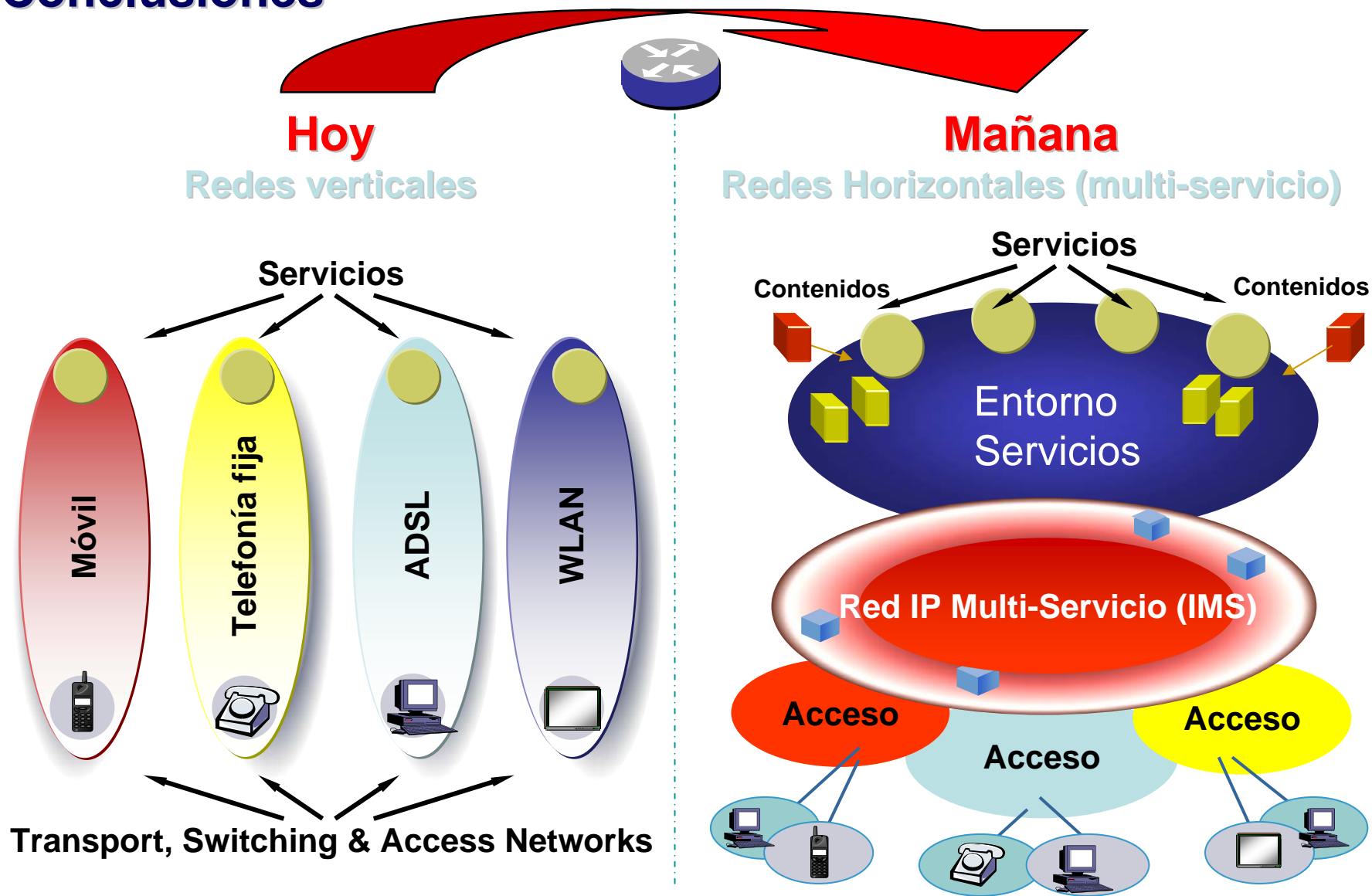
WiMAX



5. Conclusiones

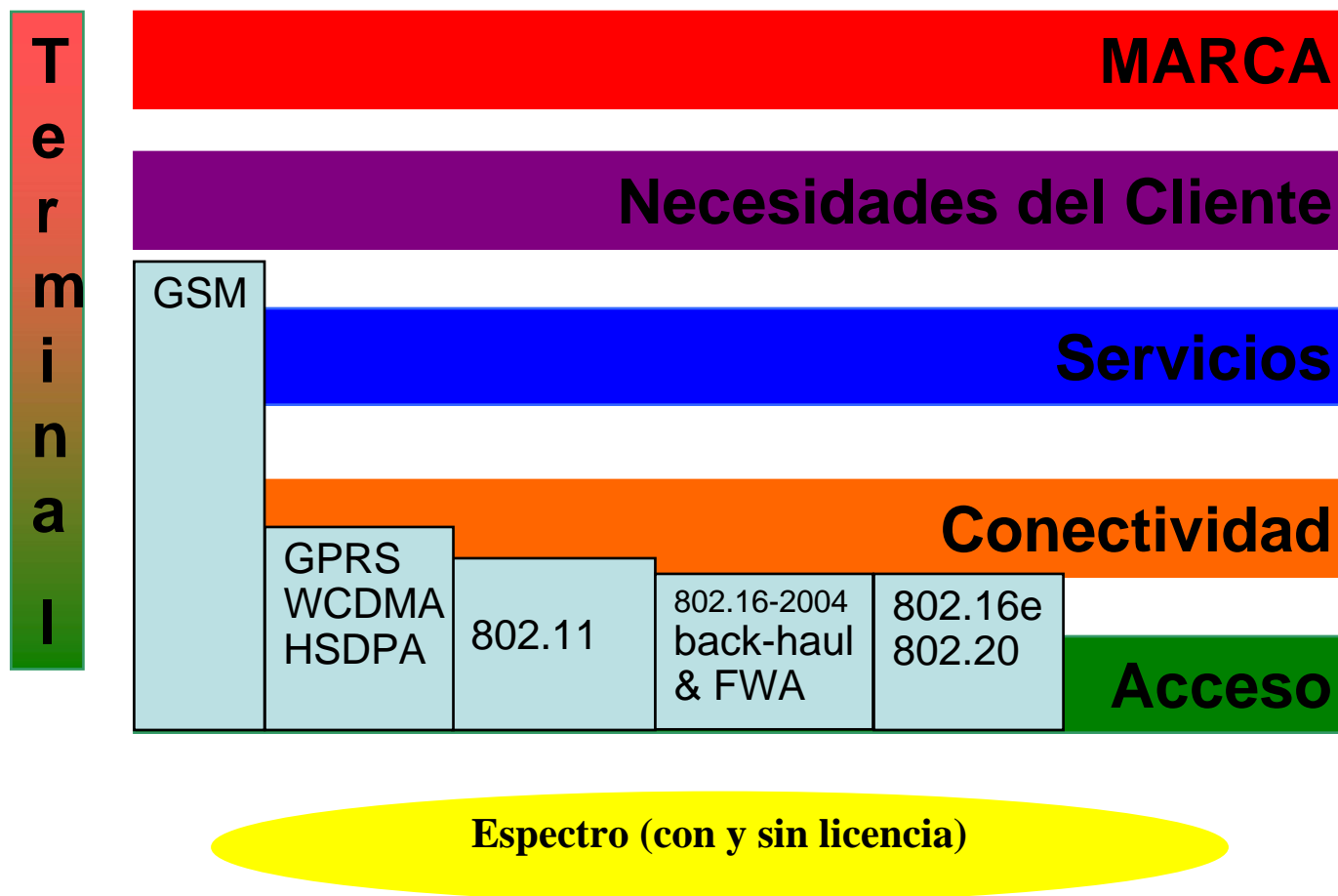


5. Conclusiones



Hacia redes todo-IP multi-servicio

5. Conclusiones



¡¡¡¡ Los operadores móviles deben ser AGNÓSTICOS a la tecnología de acceso radio empleada!!!

5. Conclusiones

1. No se pueden comparar peras con manzanas.
2. Lo mejor desde un punto de vista tecnológico, no es siempre lo que triunfa en el mercado.
3. Aunque 3G es una realidad, las necesidades y tecnologías evolucionan muy rápidamente.
4. WiMAX es un candidato, entre otros, a ser la tecnología de acceso dominante en 4G.
5. 4G: todo IP + co-existencia diferentes tecnologías acceso