



INGENIERÍA DE REDES

Grado en Ingeniería Informática

Tema 5:

Redes inalámbricas WiMAX

Roberto García Fernández
Área de Ingeniería Telemática
Universidad de Oviedo



- Introducción
- IEEE 802.16/WiMAX
 - Normalización
- Características técnicas
 - Capa de acceso al medio (MAC)
 - Capa física (PHY)
- Servicios y prestaciones de WiMAX





INTRODUCCIÓN

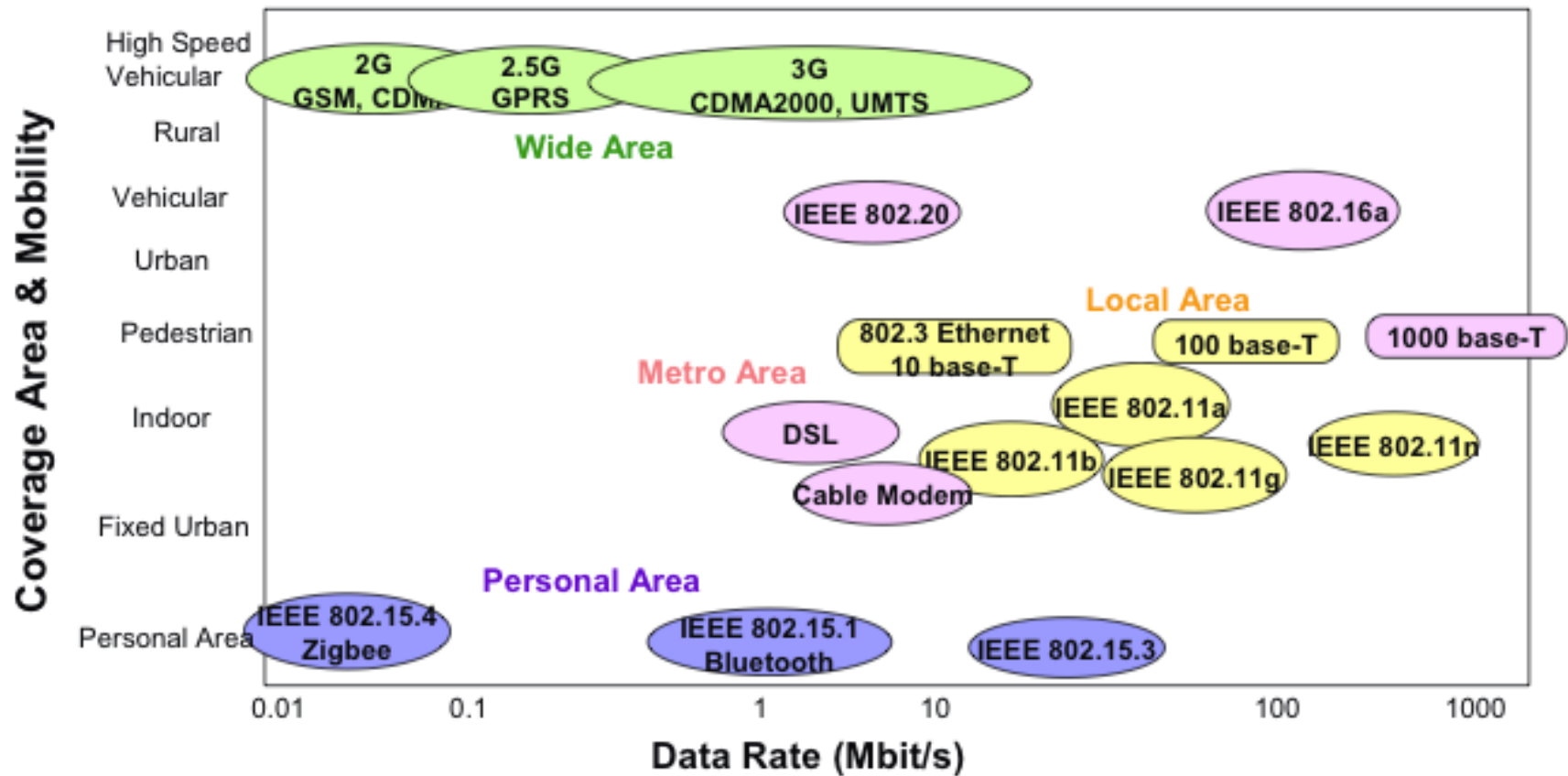


- IEEE 802.16/WiMAX proporciona acceso de banda ancha inalámbrico
- Se presenta como alternativa a otras tecnologías de banda ancha
 - ADSL, cablemodem, PLC, satélite
- Solución económica para el despliegue rápido de redes en áreas sin cobertura de banda ancha
 - Cobertura hasta 50Km de la estación base
 - Servicios de acceso a Internet y telefonía
 - Grandes anchos de banda (hasta 70Mbps)
 - Garantía de calidad de servicio (QoS)



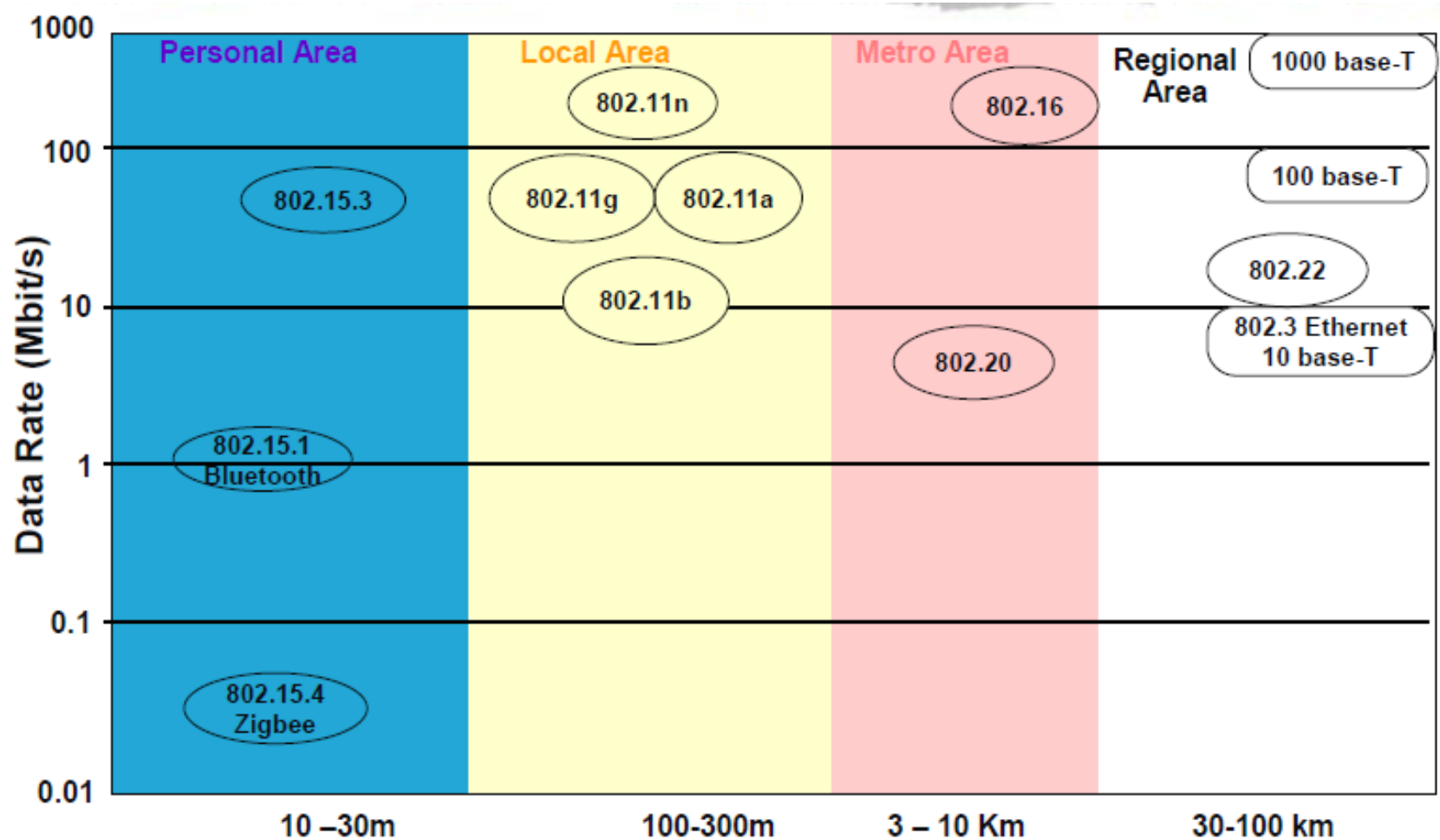


TECNOLOGÍAS DE ÁREA LOCAL LAN





IEEE 802 LAN/WAN ESTANDARES

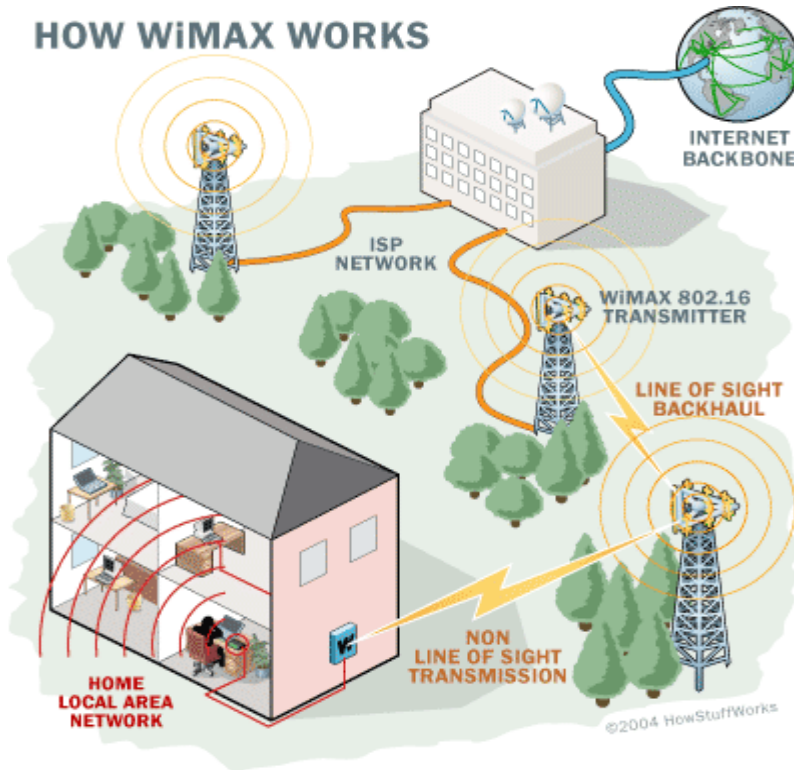




FUNCIONAMIENTO DE LA RED WiMAX



HOW WiMAX WORKS



- NLOS
 - Frecuencias más bajas (2 – 11 Ghz)
 - Señal no interrumpida por objetos
- LOS
 - Línea más estable y robusta
 - Mayor cantidad de datos con tasa de error baja
 - Frecuencias más altas
 - Menos interferencia
 - Ancho de banda mayor

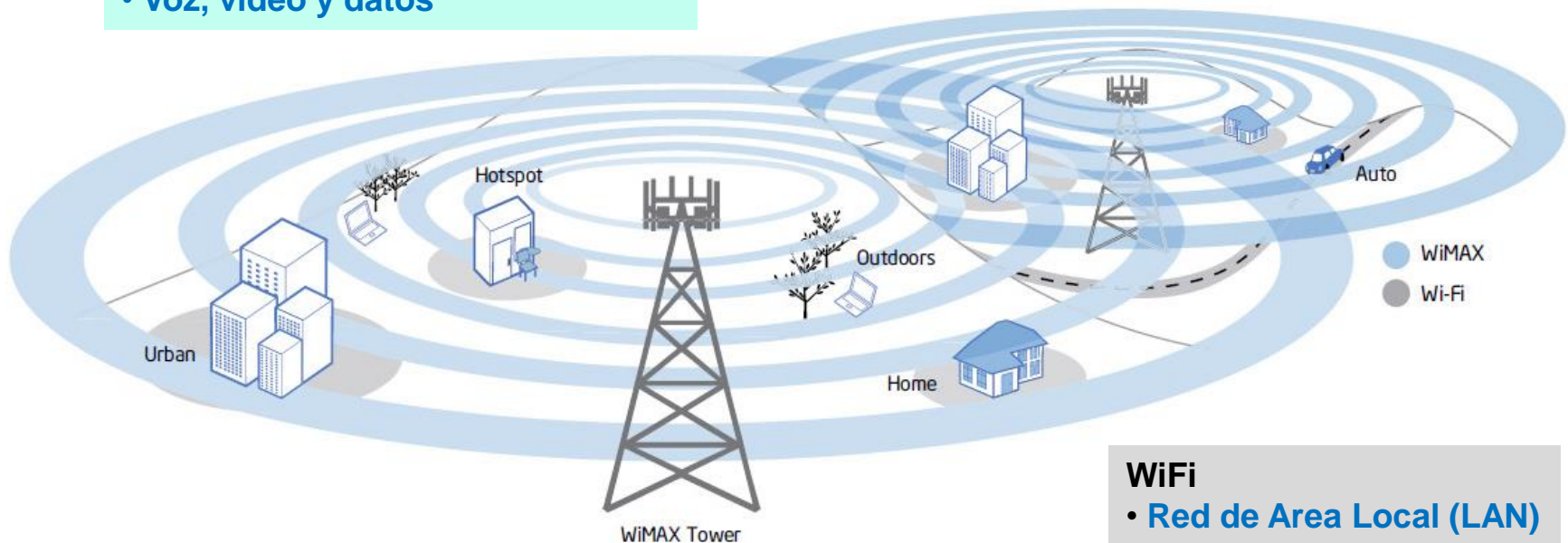


WiMAX-WiFi



WiMAX

- Red de Area Amplia (MAN, WAN)
- Entorno rural y urbano
- Calidades de servicio
- Voz, video y datos



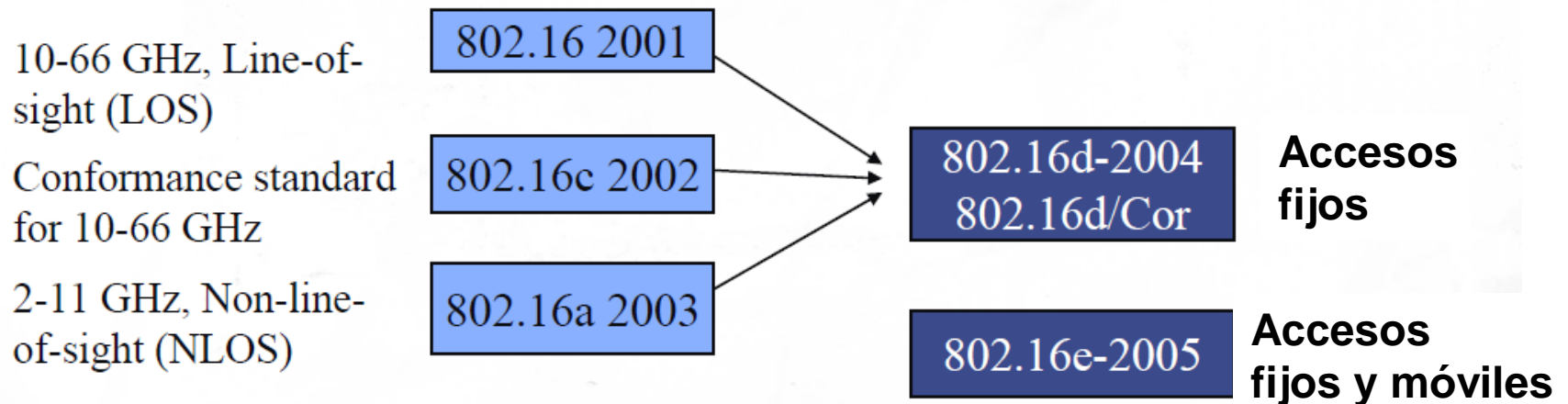
WiFi

- Red de Area Local (LAN)
- Cobertura limitada
- Internet y datos





- Diferencia entre IEEE 802.16 y WiMAX
- IEEE 802.16 define la solución normalizada de acceso inalámbrico de banda ancha para redes MAN Wireless
 - Capa de control de acceso al medio (MAC)





- WiMAX
 - Worldwide Interoperability for Microwave Access
- WiMAX Forum
 - Foro industrial <http://www.wimaxforum.org>
 - Promocionar y certificar la compatibilidad e interoperabilidad de equipos y productos basados en el estándar IEEE 802.16
 - Desarrollo de arquitecturas de red de nivel superior por encima de 802.16





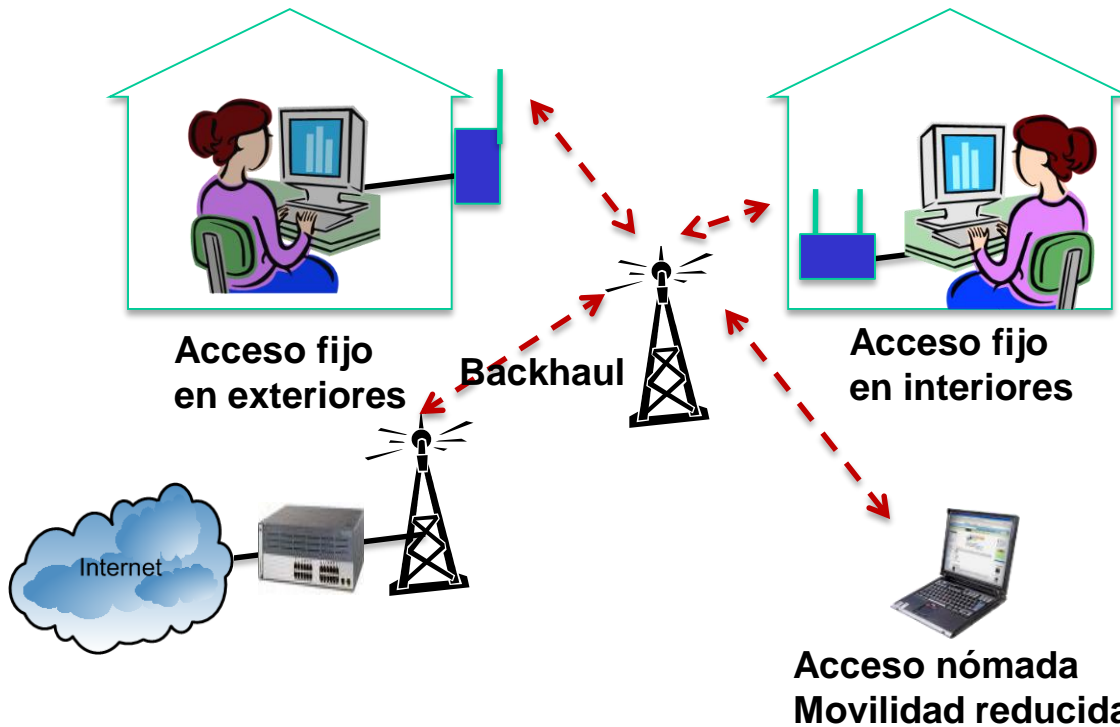
EVOLUCIÓN DE IEEE 802.16



IEEE 802.16-2001
Accesos fijos LOS

IEEE 802.16-2004
Accesos fijos
móviles (NLOS)

IEEE 802.16e-2005
Accesos fijos y
móviles



Fuente: Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes
Ministerio de Industria, Turismo y comercio



CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTÁNDARES IEEE 802.16



	IEEE 802.16-2001	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e-2005
Fecha de publicación	Diciembre 2001	Octubre 2004	Diciembre 2005
Banda de operación	10-66 GHz	2-11 GHz	2-6GHz
Visión directa	Sí (LOS)	No (NLOS)	No (NLOS)
Ancho de banda por canal	20, 25, 28 MHz	Variable entre 1.5MHz y 20 MHz	Variable entre 1.5MHz y 20 MHz
Tasas de bit	32-134Mbit/s (canales de 28MHz)	Hasta 70Mbit/s (canales de 20MHz)	Hasta 15Mbit/s (canales de 5MHz)
Modulación	QPSK 16QAM 64QAM	OFDM 256 OFDMA 2048 QPSK/16QAM/64QAM	OFDM 256 OFDMA 2048 QPSK/16QAM/64QAM
Movilidad	Acceso fijo	Acceso fijo o portable	Acceso móvil
Radio de célula típico	1.5-5Km	5-8Km (máx. 50Km)	1.5-5Km



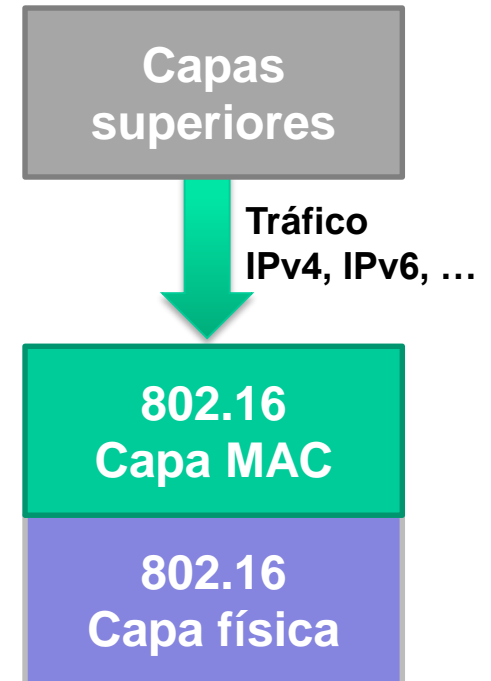
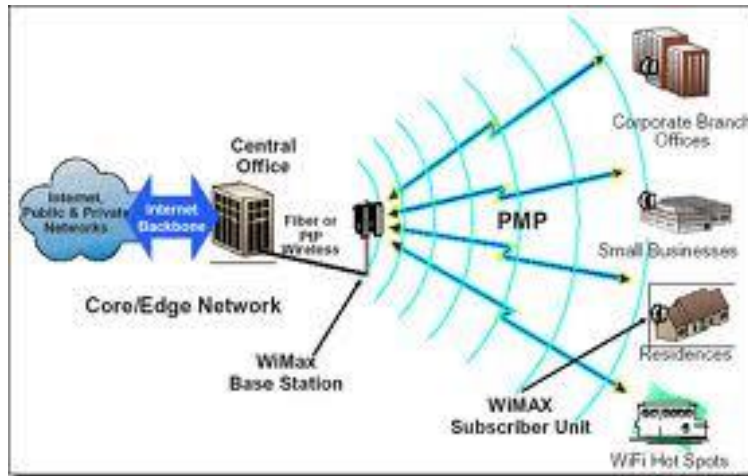
- IEEE 802.16m: Actualmente en fase de desarrollo
- En octubre de 2009, IEEE la propone como candidata para tecnología estándar 4G
- En octubre de 2010 la ITU aceptó la propuesta
 - “Systems based upon IEEE 802.16m have already been demonstrated to be capable of delivering peak throughputs in excess of 300 Mbps in a mere 20 MHz of spectrum”
- Publicación de “draft IEEE 802.16m” prevista para marzo de 2011
- Objetivo
 - Proporcionar caudales de 100Mbps en movilidad
 - Proporcionar hasta 1Gbps para accesos fijos



IEEE 802.16 MAC

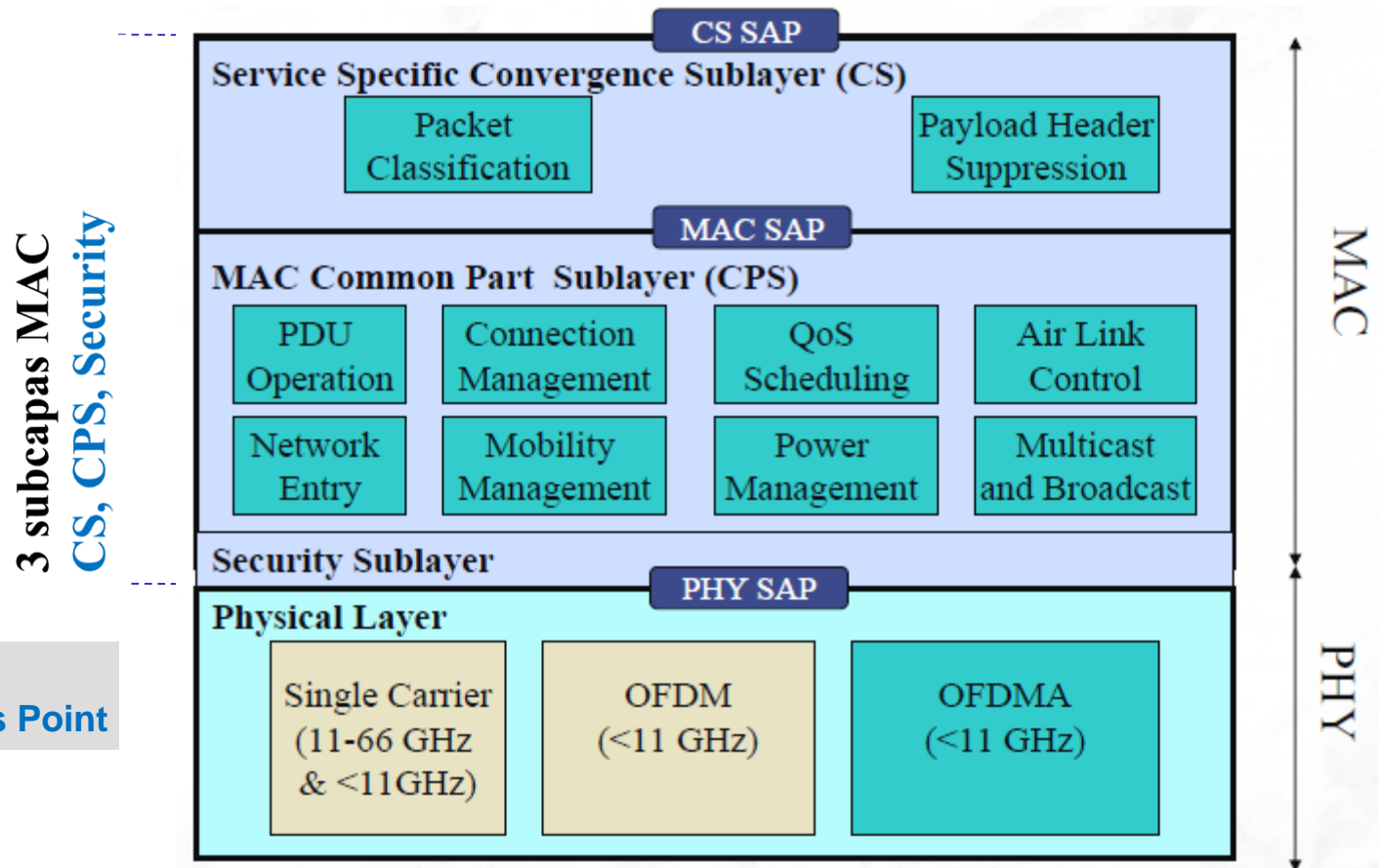


- MAC: Transmite tráfico de capas superiores utilizando los recursos PHY
- Dos modos de operación
 - Punto-Multipunto (PMP)
 - Tráfico entre BS y MSs
 - Mallado (Mesh)
 - Tráfico entre MSs directamente





- Modelo de referencia IEEE 802.16



SAP
Service Access Point



SUBCAPA MAC CS

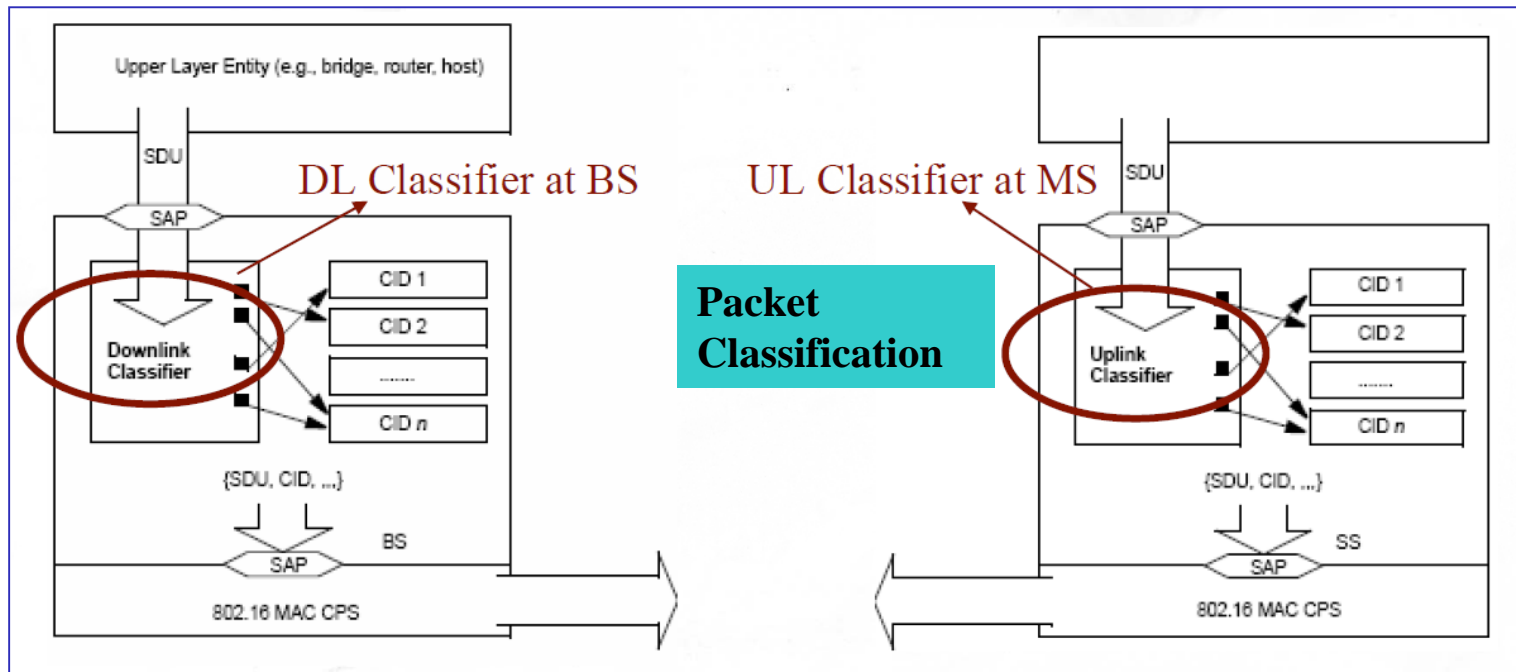


MAC Service Specific Convergence Sublayer (CS)

Packet
Classification

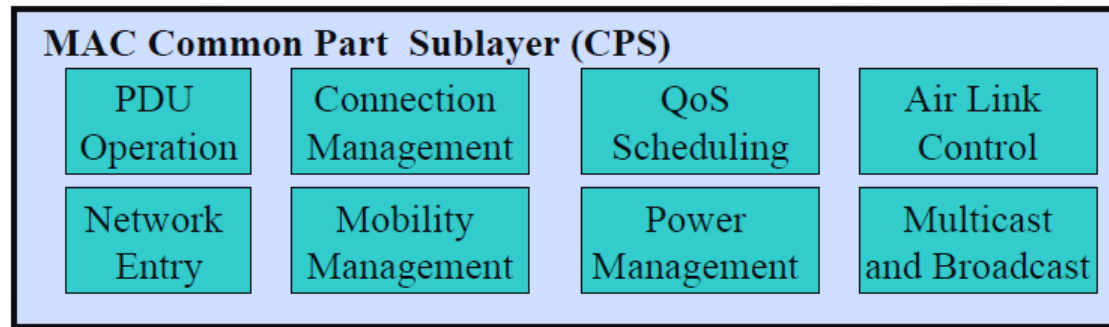
Payload Header
Suppression

- Clasificación de paquetes
 - Clasifica paquetes de capas superiores con una QoS determinada
- PHS
 - Suprime información redundante de las cabeceras





SUBCAPA MAC CPS



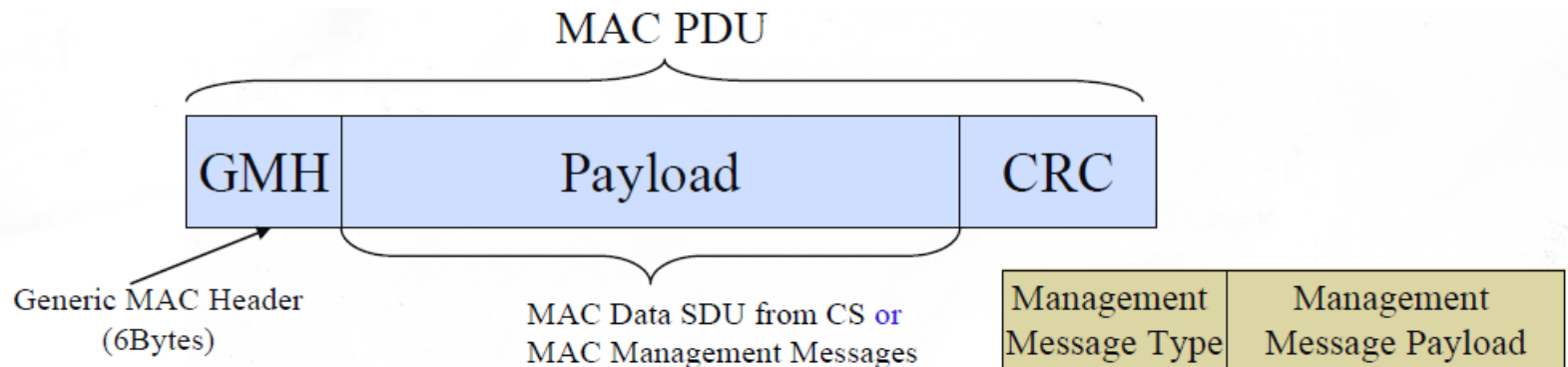
- **PDU operation**
 - Formar MPDUs y ráfagas para la capa PHY
- **Connection Management**
 - Crear y mantener conexiones
- **QoS Scheduling**
 - Planificar recursos del medio wireless y proporcionar diferenciación QoS
- **Airlink Control**
 - Adaptar canales wireless a los errores en la transmisión
- **Network Entry**
 - Asociar MS con BS cuando entran y salen de la red
- **Mobility Management**
 - Gestionar el *handover* de las MS cuando están en *roaming*
- **Power Management**
 - Apagar equipos móviles para mejorar la eficiencia energética
- **Multicast and Broadcast Service (MBS)**



FORMATO MAC PDU



- CID: Connection ID
 - 16 bits para identificar a una conexión unidireccional
- GMH: Generic MAC Header
 - CID en GMH para la conexión de la PDU
- Direccionamiento
 - Direcciones MAC de 48 bits

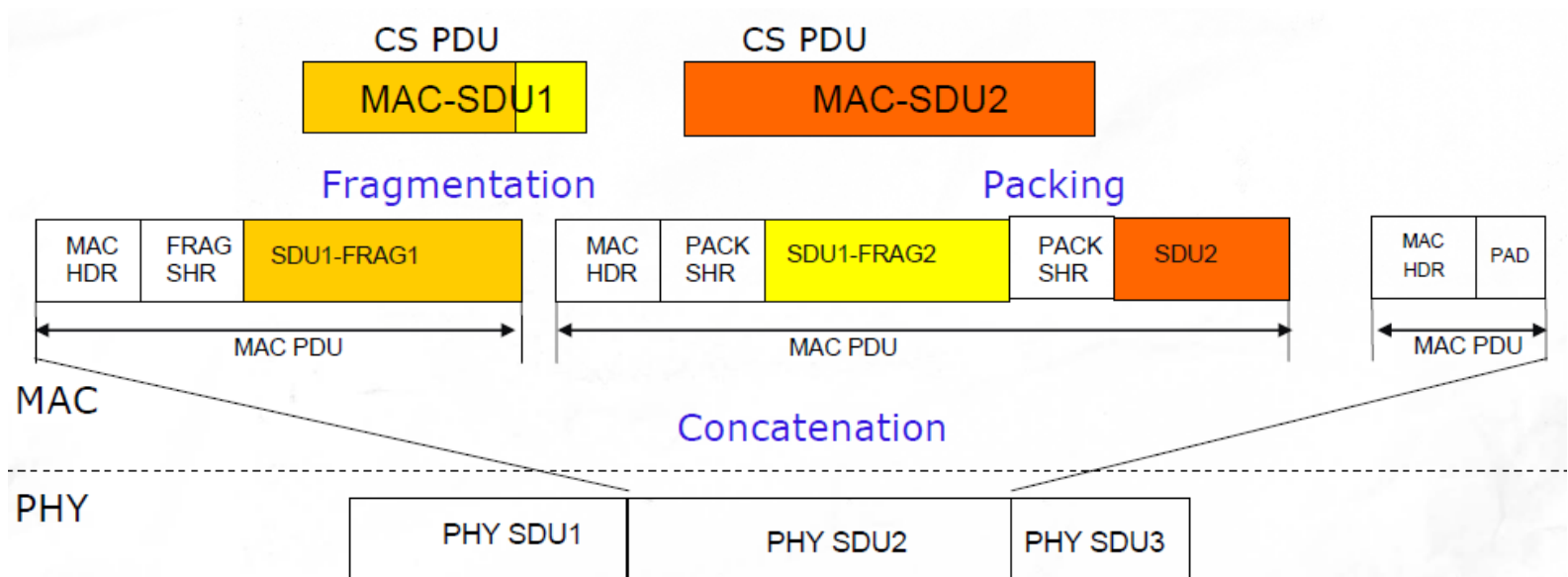




SERVICIOS MAC PDU



- MAC CPS proporciona los siguientes servicios
 - Fragmentación y empaquetado de MAC SDUs en MAC PDUs
 - FRAG SHR: Fragmentation Subheader
 - PACK SHR: Packing Subheader
 - Concatenación de MAC PDUs en PHY SDU





- Asignación eficiente de los recursos disponibles para cumplir los requisitos de QoS de cada conexión/servicio

Clase de servicio	Descripción	Ejemplos
UGS: Unsolicited Grant Service	Servicios que generan paquetes de tamaño fijo en intervalos periódicos	<ul style="list-style-type: none">• Voz sin supresión de silencios• Emulación de circuitos
rtPS: Real-Time Polling Service	Servicios con requisitos de tiempo real y tasa de bit variable (RT-VR)	<ul style="list-style-type: none">• Voz con supresión de silencios (ERT-VR)• Vídeo comprimido
nrtPS: Non Real-Time Polling Service	Servicios sin requisitos de tiempo real y tasas de bit variables (NRT-VR)	<ul style="list-style-type: none">• Transferencia de ficheros (FTP)
BE: Best Effort	Servicios sin requisitos estrictos de Qos. Utilizan la capacidad remanente	<ul style="list-style-type: none">• Navegación web• Correo electrónico



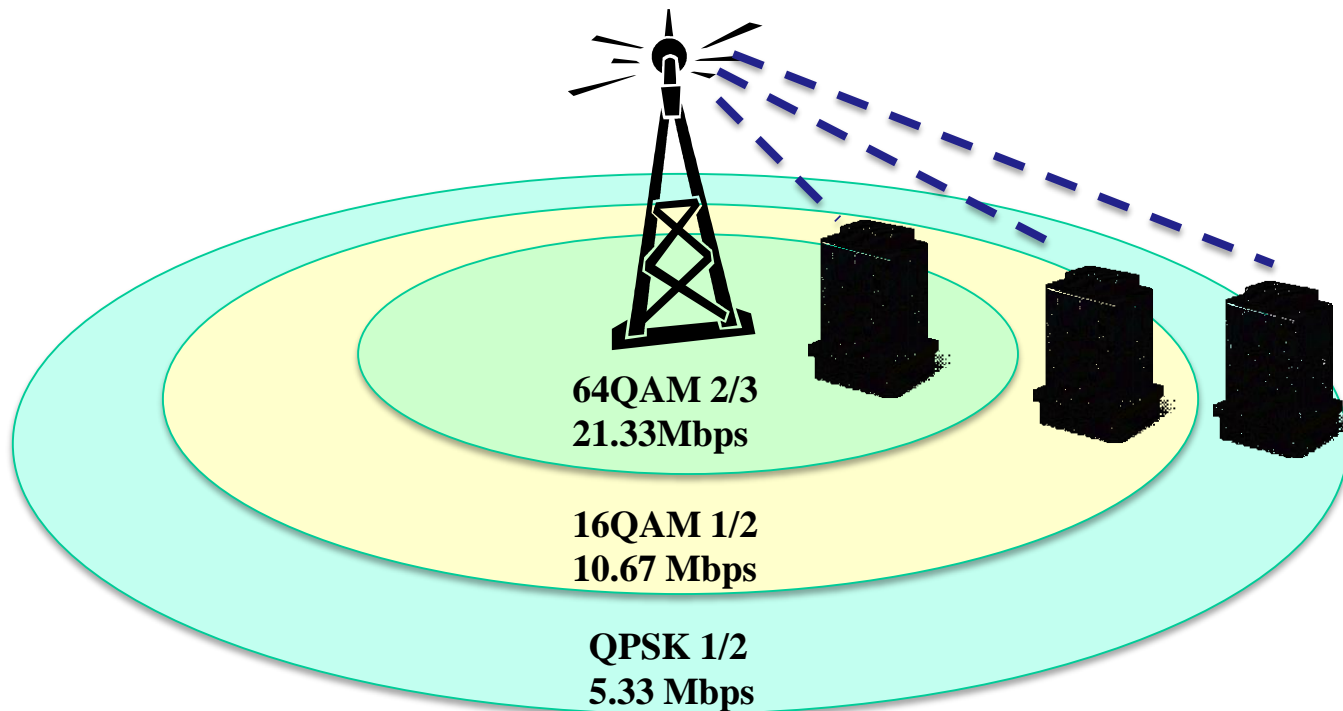
- La planificación de prioridades está determinada por un conjunto de parámetros de QoS

Extended Real-Time
Variable Rate

Major QoS Parameters	UGS	RT-VR	ERT-VR	NRT-VR	BE
Max Sustained Traffic Rate (MSR)	X	X	X	X	X
Min Reserved Traffic Rate (MRR)	X	X	X	X	
Max Latency	X	X	X		
Tolerated Jitter	X		X		
Unsolicited Grant Interval (if UL)	X		X		
Unsolicited Polling Interval (if UL)		X			

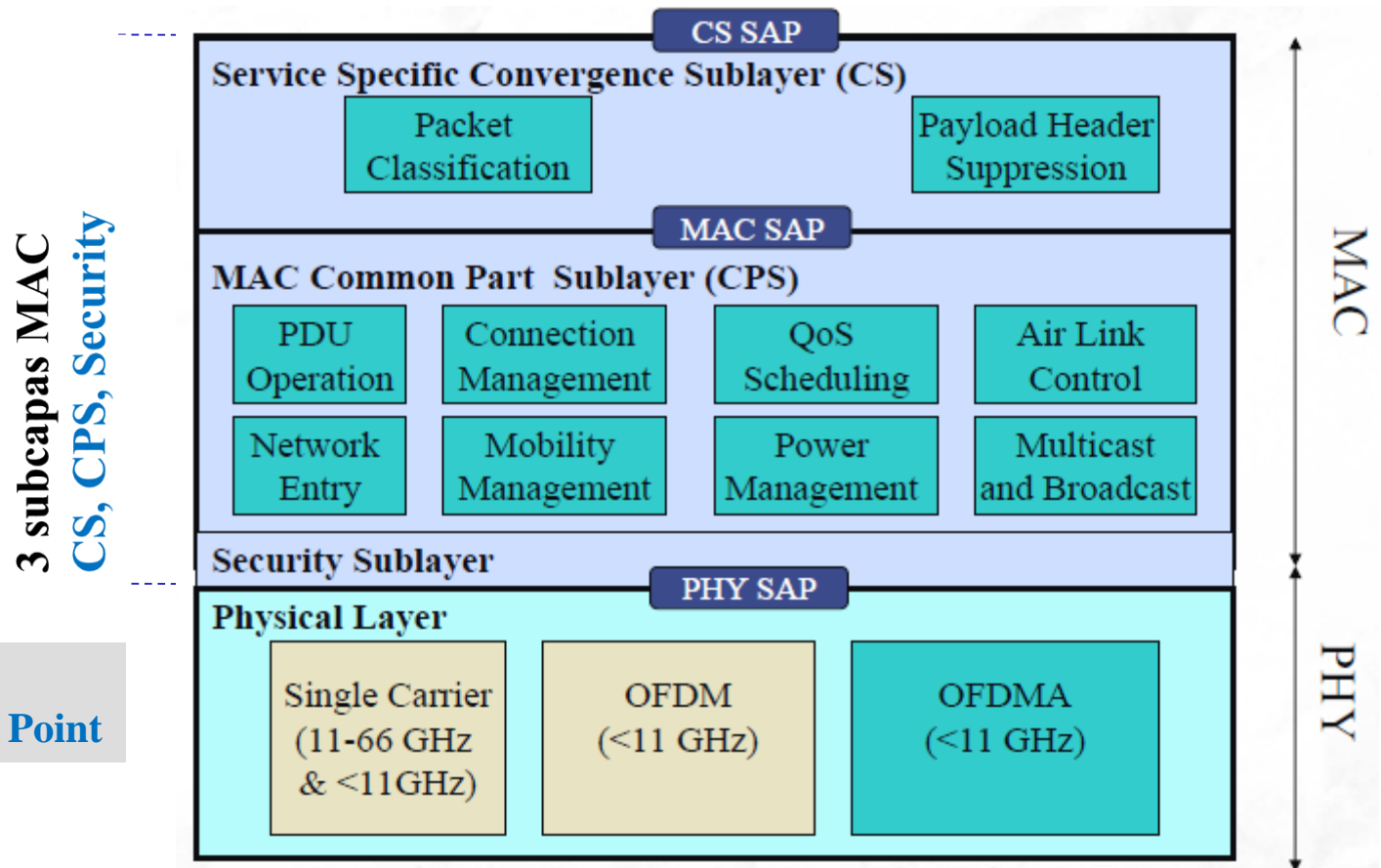


- Modulación adaptativa
 - Selección del esquema de modulación y codificación
 - Basado en la calidad del enlace
 - Modulaciones QPSK, 16QAM, 64QAM



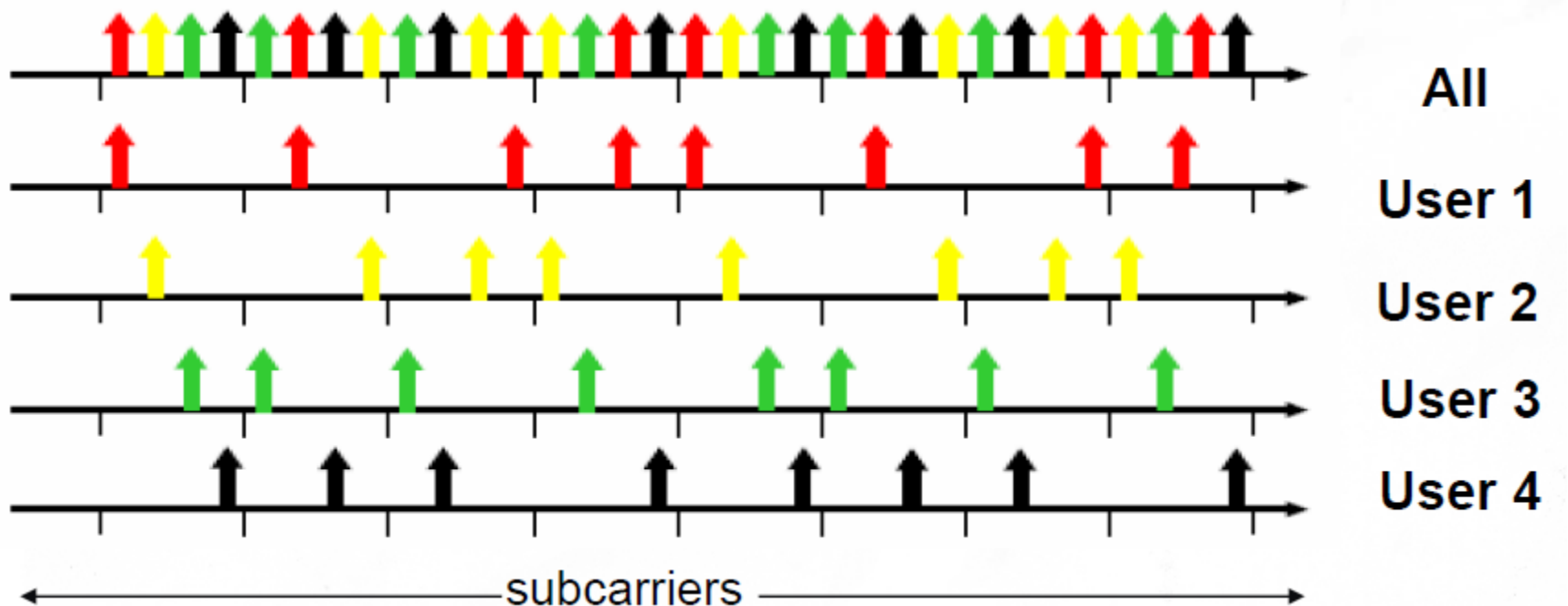


- Modelo de referencia IEEE 802.16





- Orthogonal Frequency Division Multiple Access
 - Asignación ortogonal para acceso múltiple
 - Reduce las interferencias





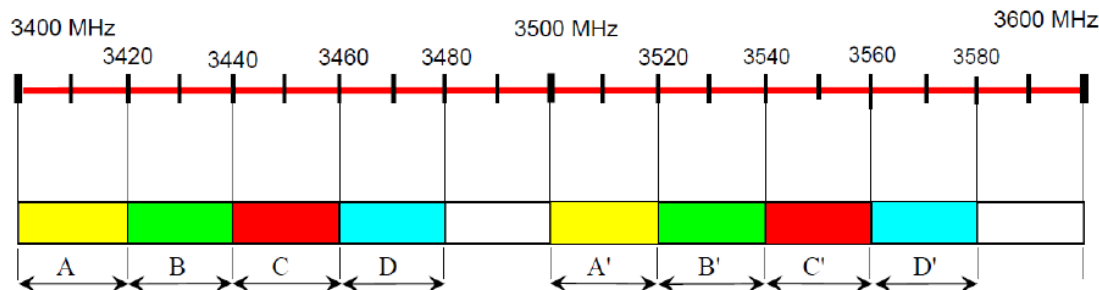
- Permite trabajar con uno o más canales de 1.5MHz
 - En Europa 1.75 MHz
- Adaptación a las necesidades particulares de tráfico
- Tasas de bit ofrecidas
 - Dependen de ancho de canal y de tasa de codificación
 - Con 20MHz de ancho de banda
 - Hasta 100Mbps en bajada
 - Hasta 30Mbps en subida
 - Con 10MHz de ancho de banda
 - Hasta 63Mbps en bajada
 - Hasta 20Mbps en subida
 - En la práctica tasas binarias menores
 - Eficiencia disminuye con la distancia
- Bandas de operación por debajo de 6GHz
 - Despliegues comerciales 2.3-2.5-3.5GHz
 - En España, la CNAF especifica
 - Banda licenciada: 3.5 GHz
 - Banda libre: 5.4 GHz (exige estudios espectrales)
 - Servicios de emergencias 4.9GHz



FRECUENCIAS DE OPERACIÓN EN ESPAÑA



- Banda 2.30-2.45 GHz (UN-50)
 - Radioenlaces digitales punto a multipunto
 - Pueden existir interferencias por otros usos
- Banda 3.4-3.6 GHz (UN-107)
 - Aplicaciones militares de radiolocalización
 - 3485-3495MHz y 3585-3595MHz
 - Resto para prestación de servicios fijos o móviles
 - 8 subbandas de 20MHz a asignar en pares



Regulación de la banda de 3.5GHz en España

Distribución de los bloques para uso en todo el territorio nacional:

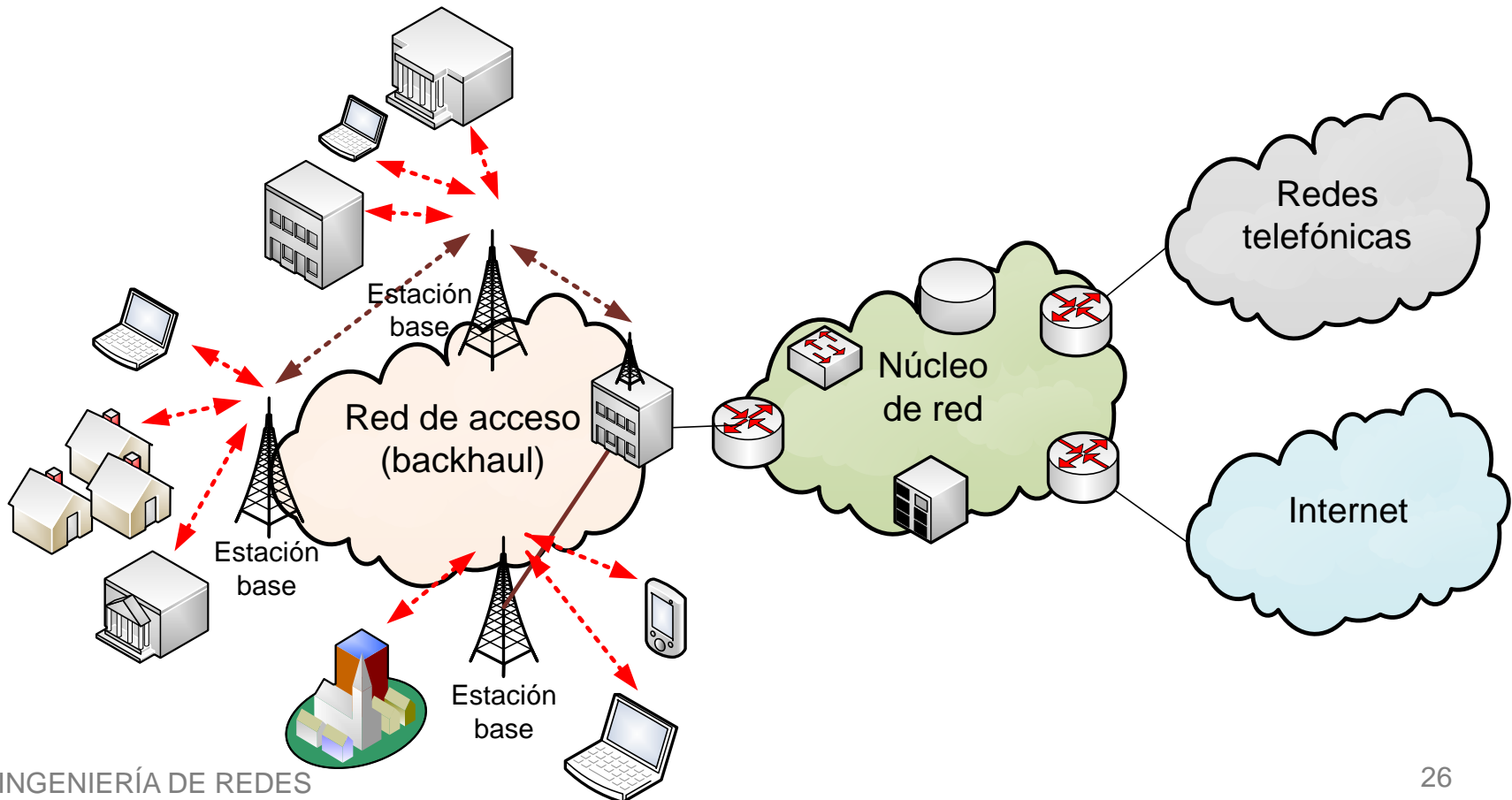
Bloque A-A': 20 MHz + 20 MHz con separación de 100 MHz
Bloque B-B': 20 MHz + 20 MHz con separación de 100 MHz
Bloque C-C': 20 MHz + 20 MHz con separación de 100 MHz
Bloque D-D': 20 MHz + 20 MHz con separación de 100 MHz



ARQUITECTURA DE RED WiMAX



- Tecnología de acceso de última milla
- Estructura típica de red celular
- Depende de los escenarios de aplicación y los servicios

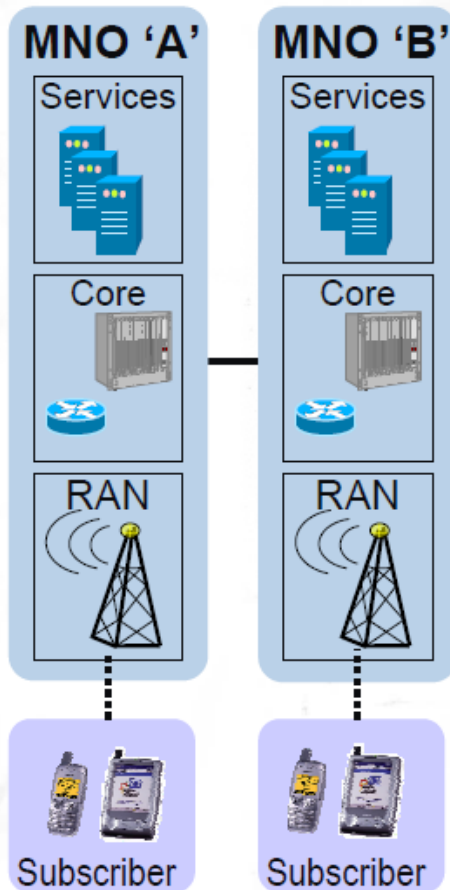




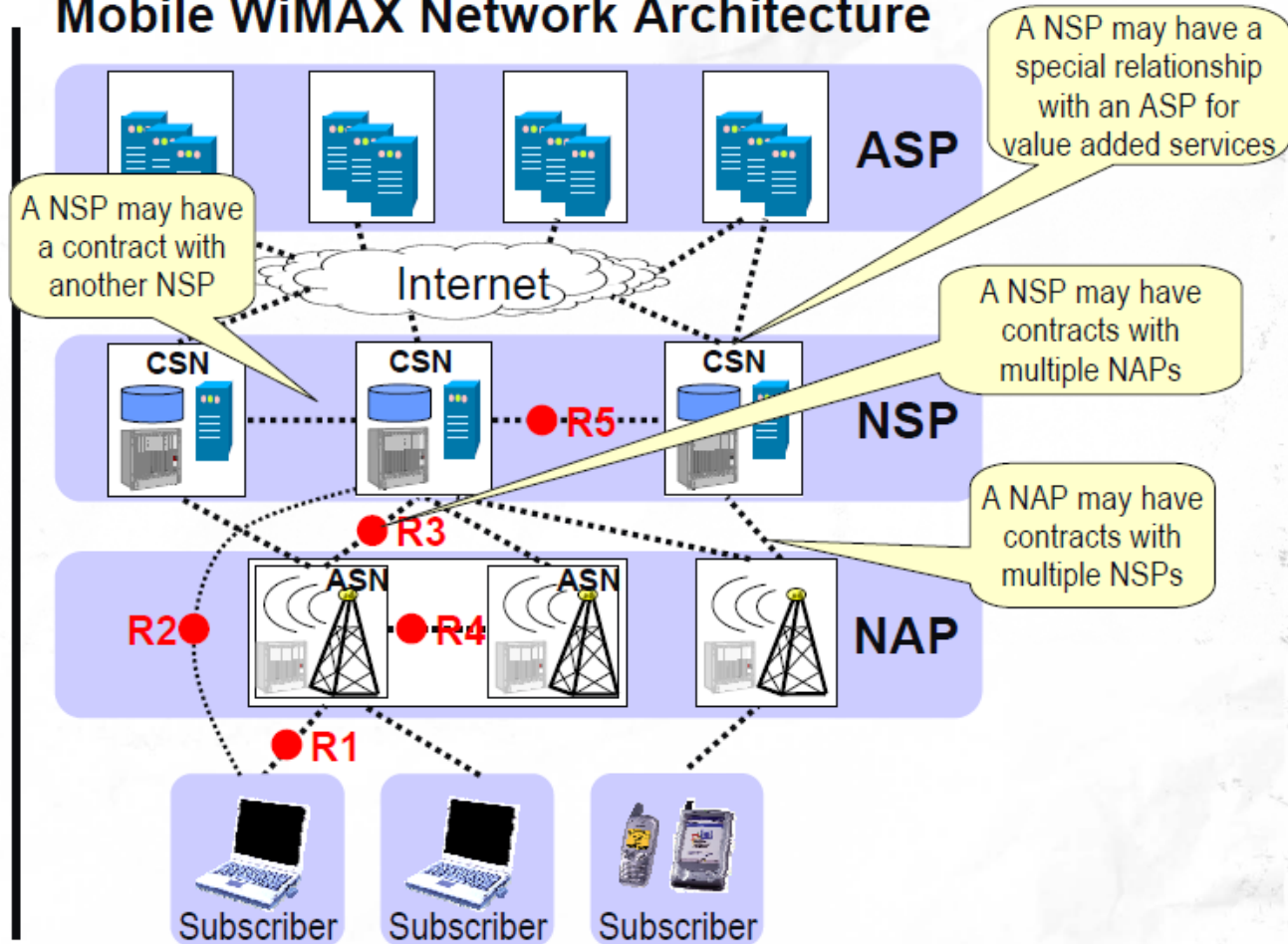
MODELO DE REFERENCIA DE RED (NRM)



Legacy Architecture



Mobile WiMAX Network Architecture



MNO: Mobile Network Operator NAP: Network Access Provider NSP: Network Service Provider ASP: Application Service Provider

ASN: Access Service Network



- Objetivo
 - Provisión de servicios de acceso a Internet con soporte de movilidad
- WiMAX Forum define NRM
 - Arquitectura de red WiMAX basada en IP
 - Soporta a usuarios fijos, nómadas y móviles
- La red se divide en tres partes
 - Terminales (MS)
 - Red de acceso (ASN)
 - Estaciones base (BS) y pasarela (ASNG)
 - Red de conectividad (CSN)
 - Elementos de conmutación y control
 - Conectividad IP hacia otras redes
 - Asignación de direcciones IP, autenticación, localización, movilidad, gestión de QoS, ...



SERVICIOS Y PRESTACIONES DE WiMAX



- Servicios
 - Acceso a Internet de Alta Velocidad
 - Voz (VoIP)
 - Transmisión de datos
 - Conectividad a Internet para redes Wifi / GSM / GPRS / UMTS
- Prestaciones
 - Gran ancho de banda
 - hasta 70 Mbps por usuario y hasta 420 Mbps por estación base
 - Rápido despliegue (hasta 50 km de cobertura)
 - Fácil instalación
 - Garantía de calidad de servicio
 - Prestación de servicios WiMAX en frecuencias de uso exclusivo
 - Alta eficiencia en el uso del espectro y estabilidad
 - Transmisión simultánea de voz, datos y video



TASA BINARIAS



Tasas binarias WiMAX Unidades Mbit/s		Tipo de modulación					
		QPSK		16QAM		64QAM	
		Tasa de codificación		Tasa de codificación		Tasa de codificación	
		1/2	3/4	1/2	3/4	2/3	3/4
Ancho de canal	1.75MHz	1.04	2.18	2.91	4.36	5.94	6.55
	3.5MHz	2.08	4.37	5.82	8.73	11.88	13.09
	5MHz	4.16	6.28	8.32	12.48	16.63	18.70
	7MHz	4.15	8.73	11.64	17.45	23.75	26.18
	10MHz	8.31	12.47	16.63	24.94	33.25	37.40
	20MHz	16.62	24.94	33.25	49.87	66.49	74.81

- Dependen de ancho de banda del canal y del tipo de modulación
- Tasas binarias en condiciones óptimas de propagación



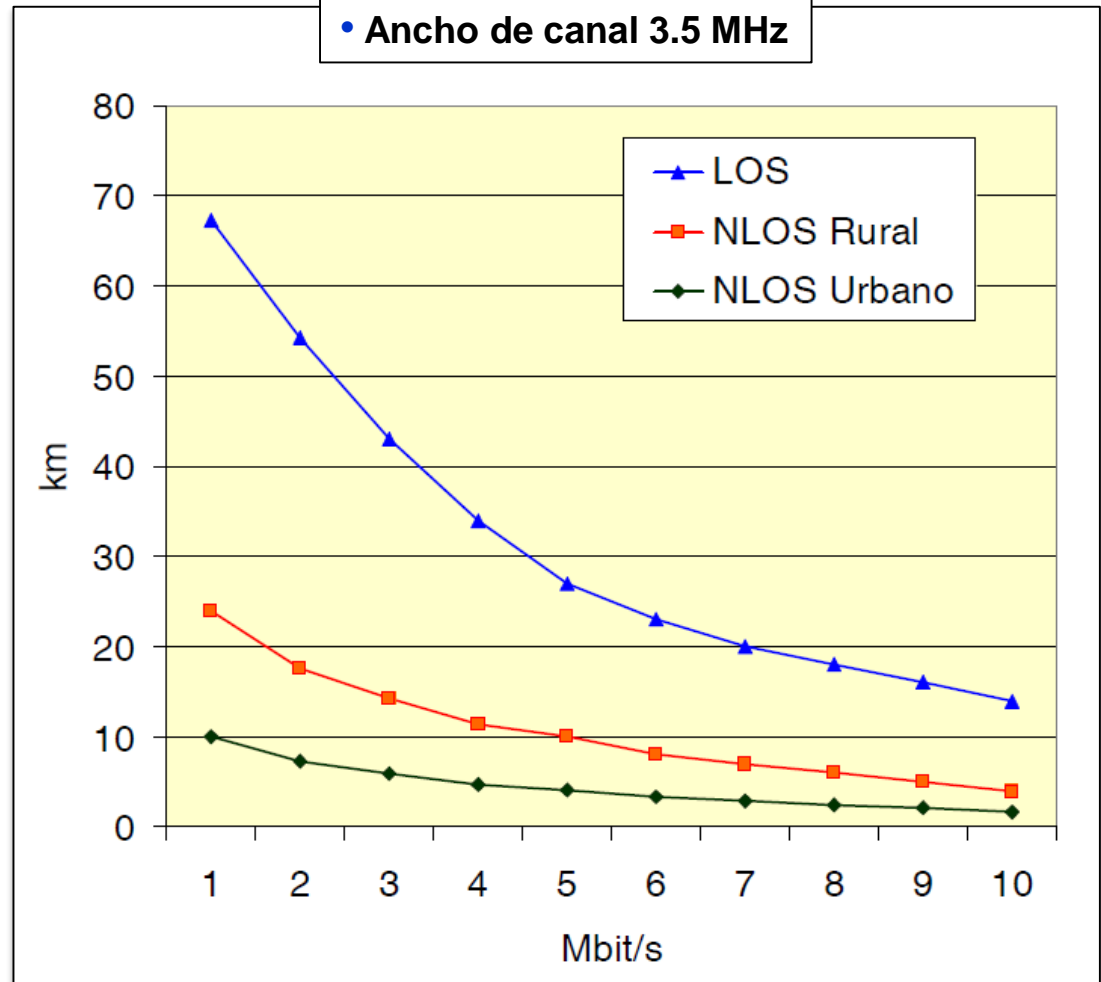
PRESTACIONES: ALCANCE-TASA



- Enlace WiMAX fijo
- Banda 3.5 GHz
- Ancho de canal 3.5 MHz

Radio de cobertura típicos

- Entornos urbanos
 - 1 - 3 Km
 - Alta densidad de usuarios
- Entornos rurales
 - 5 – 10 Km
 - Baja densidad de usuarios





SERVICIOS



- **Telefonía**
 - WiMAX adecuada para este servicio
 - Mecanismos para garantizar requisitos de retardos
 - Clases de servicio UGS, rtPS, ertPS
- **Acceso a Internet**
 - Acceso de banda ancha en zonas sin otra cobertura
 - Videostreaming
 - Factible. No muchos usuarios
 - Juegos en red
 - Alta interactividad
 - Factible gracias a la baja latencia de IEEE 802.16
 - Descargas P2P
 - Consumo de recursos elevado en DS y US
 - Problemas de escalabilidad a los operadores
 - Mecanismos de regulación de tráfico
- **Distribución de TV**
 - Calidad SDTV
 - Tasa de 2-5Mbps por canal
 - Número elevado de canales consumen gran ancho de banda
 - Tecnología no adecuada para distribución de TV estándar



- Primer laboratorio de certificación de equipos WiMAX
 - Cetecom Labs, Málaga
 - Julio de 2005
- WiMAX Forum
 - 73 productos certificados de 28 fabricantes (2008)
- Fabricantes de productos certificados
 - Motorola, Huawei, NEC, Alvarion, Alcatel-Lucent, Siemens, ...
- Primeras redes WiMAX fijas
 - Despliegues en 2006
- Primer despliegue comercial
 - Servicio WiBro de Korea Telecom (2007)
- Modem USB para ordenadores portátiles
- España
 - Oferta de servicios WiMAX fijo (Operador Iberbanda)
 - Pruebas piloto de WiMAX móvil





BIBLIOGRAFÍA



- Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes
 - M. Alvarez-Campana et al.
 - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio



- Introduction to WiMAX. Technology Tutorials.
 - OPNET Technologies Inc.



Sponsored by OPNET Technologies