



INGENIERÍA DE REDES

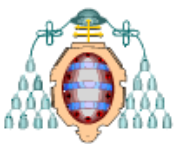
Grado en Ingeniería Informática

Tema 6:

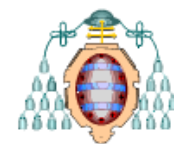
Redes de cable.

Ingeniería de tráfico de datos

Roberto García Fernández
Área de Ingeniería Telemática
Universidad de Oviedo

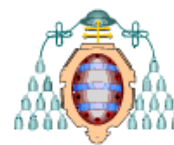
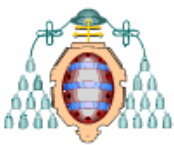


Indice



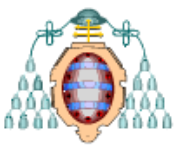
- Velocidad de transferencia en DOCSIS
- Cálculo bit-rate en downstream
- Cálculo bit-rate en upstream
- Dimensionado de una red de cable



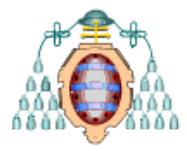


- Estimaciones numéricas
 - Predecir capacidad de transferencia de información
 - Velocidad de transferencia
 - Dimensionado de la red de cable
 - Transmisión de tráfico de datos
 - Transmisión de tráfico de voz
- Modelado para validar los cálculos realizados



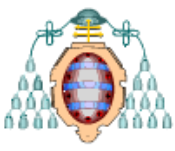


Velocidad de transferencia en DOCSIS

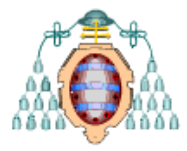


- Diferente comportamiento del protocolo
 - Sentido upstream
 - Sentido downstream
- Influencia del ancho de banda dedicado a la transmisión
- Influencia del esquema de modulación
- Consideración de la sobrecarga por la dinámica de funcionamiento del protocolo

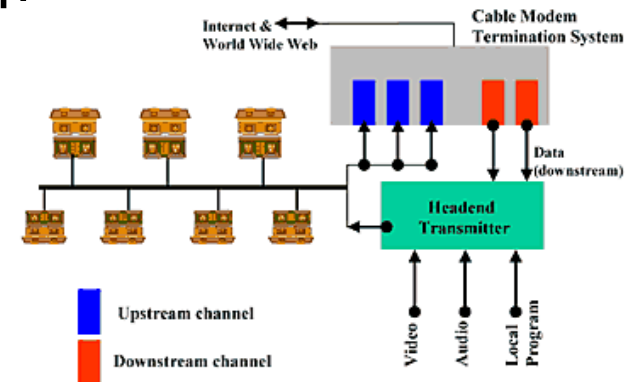




Consideraciones prácticas downstream

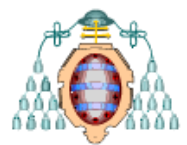


- Transmisión de mensajes MAP en *downstream*
- Longitud MAP ≈ 64 bytes
- Configuración típica
 - 1 MAP cada 2 mseg [Cisco, 2003a]
 - 500 MAP/seg
- Consumo de BW por canal upstream
 - 256 Kbps
- En una red de cable con CMTS
 - 1 canal downstream
 - 6 canales upstream
- BW para mensajes MAP
 - 1.5 Mbps
- ¡ Sobrecarga de 3%-10% ! [Cisco 2003a]

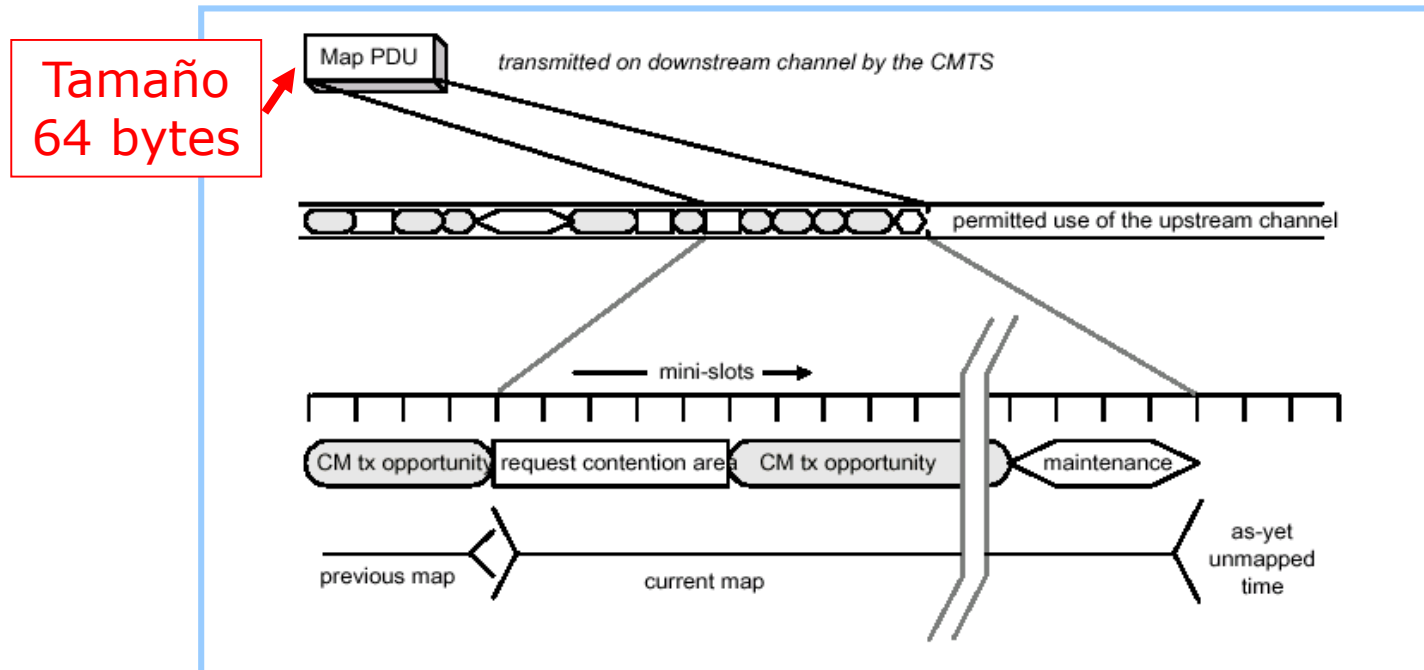


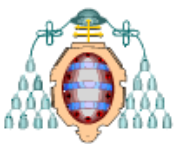


Transferencia de información

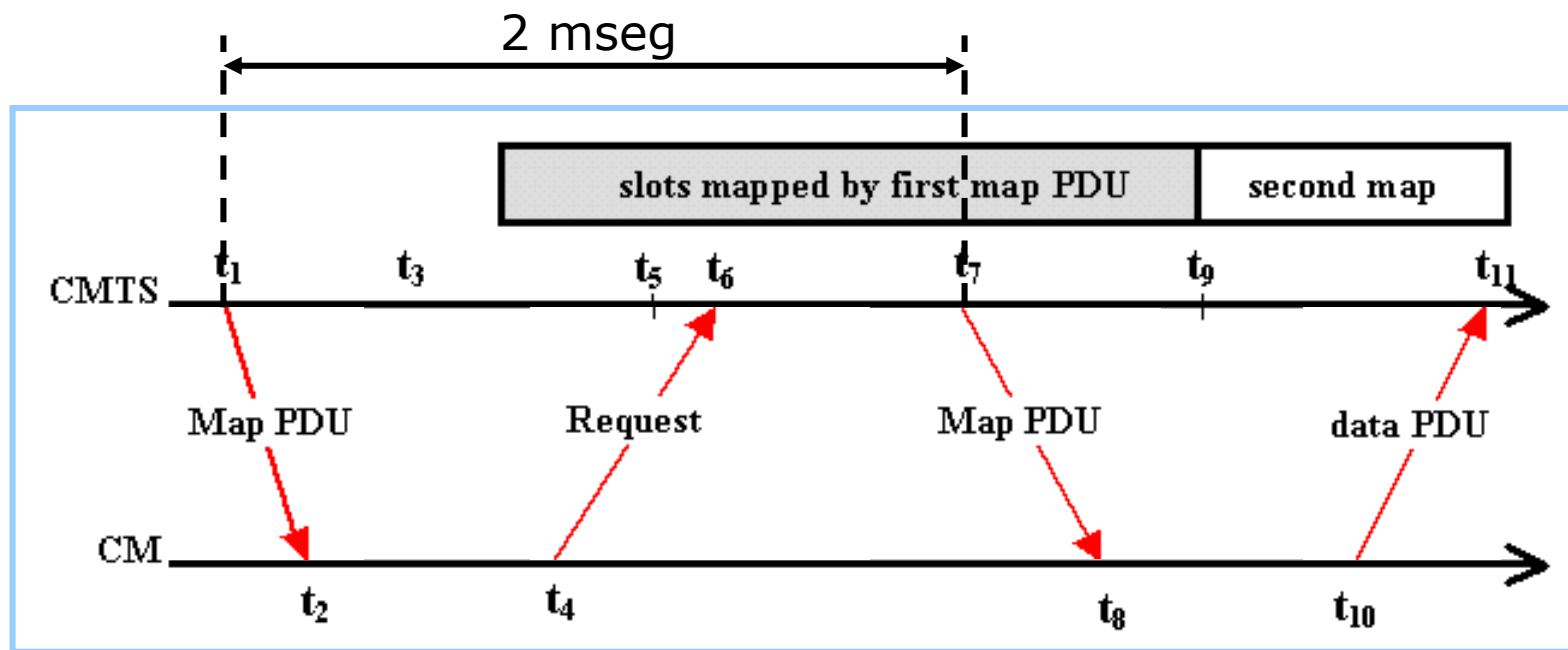
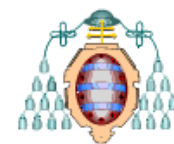


- CMTS asigna el uso de ancho de banda en upstream
- Bandwidth Allocation MAP message
 - Describe uso de slots
 - Difundidos periódicamente por CMTS en downstream
 - Usado por CM para determinar cuándo enviar datos en upstream

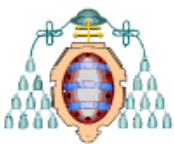




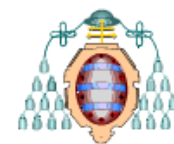
Transmisión en upstream



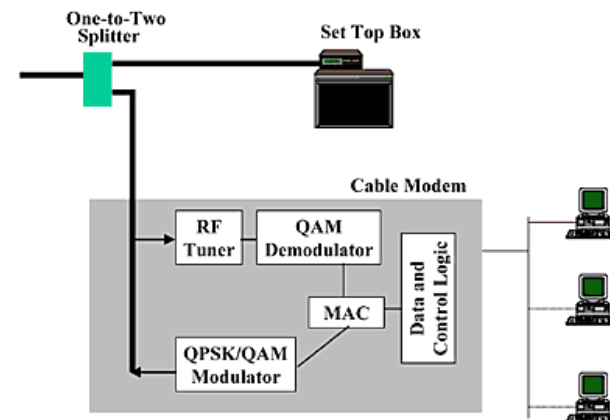
- t_2 : CM receives a MAP, scans for request opportunities and calculates t_6
- t_4 : CM transmits the request so that it is received by CMTS at t_6
- t_7 : CMTS transmits the map and issues a grant for CM starting at t_{11}
- t_{10} : CM transmits data

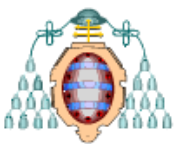


Consideraciones prácticas upstream

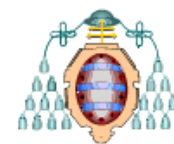


- Transmisión en upstream
 - Ciclo *request-grant*
 - CM puede perder mensajes MAP
- Intervalo de MAP
 - 2 ms
 - 500 MAP/s
- CM con acceso a la mitad
 - 250 MAP/s → 250 pps
- Trama típica Ethernet 1518 bytes
 - Throughput \approx 3 Mbps en upstream
- Con paquetes de tamaño 64 bytes
 - Throughput \approx 128 Kbps
 - Necesidad de concatenación
- Otras consideraciones disminuyen throughput
 - 150 pps



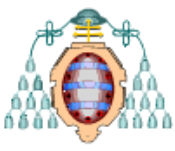


Consideraciones prácticas upstream

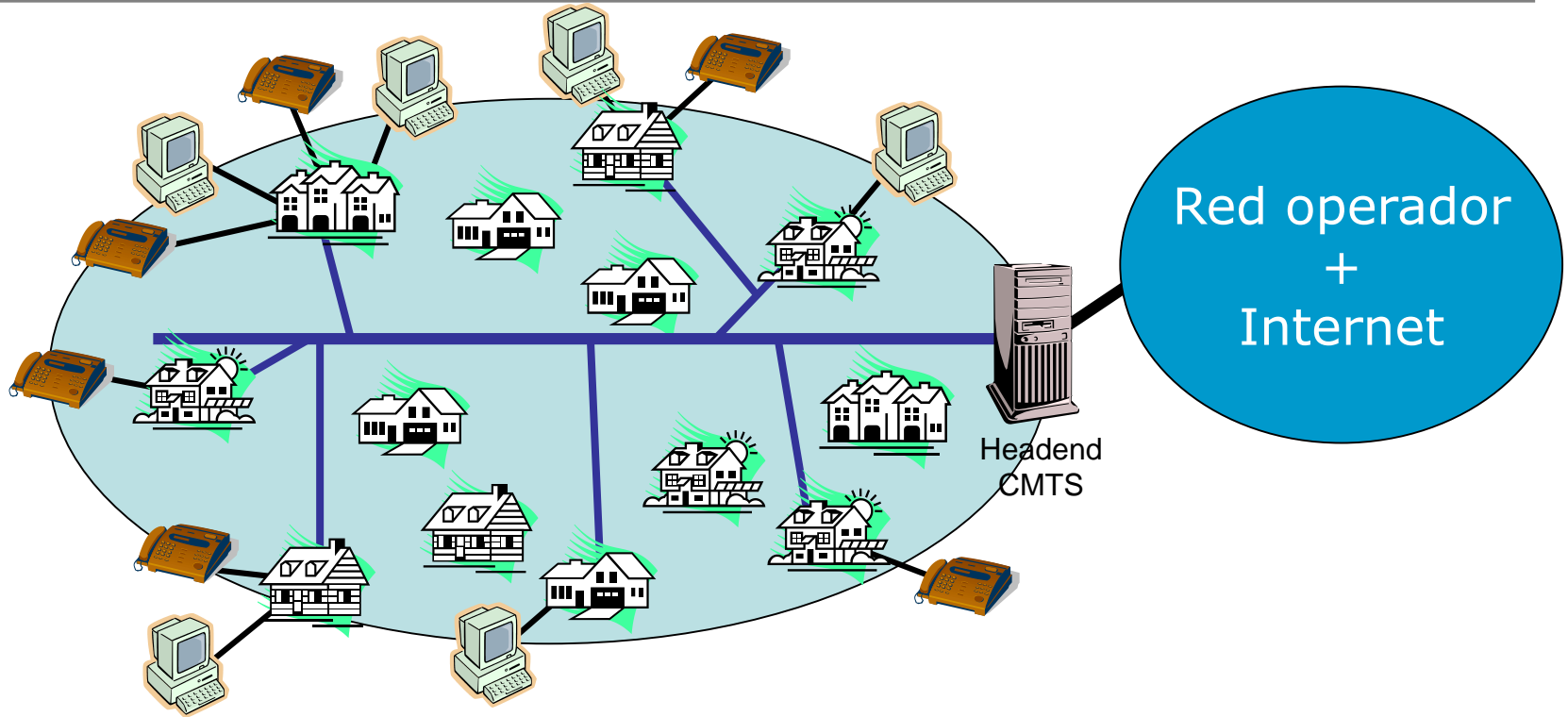
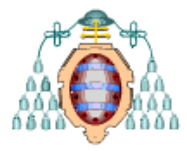


- Efecto de los ACK en la transmisión
 - Limitación velocidad de transferencia
- ACK también utiliza *request-grant*
- Descarga de paquetes de 512 bytes en downstream
- 150 pps en upstream
- Protocolo de ventana
 - 2 paquetes DS por ACK
- Velocidad de transferencia downstream
 - 1.23 Mbps
- Con concatenación de mensajes ACK
 - 10 ACKs de 64 bytes → 1500 pps efectivos
 - Velocidad de transferencia 1.23 Mbps → **12.3 Mbps**

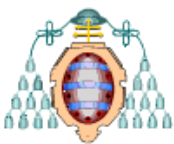




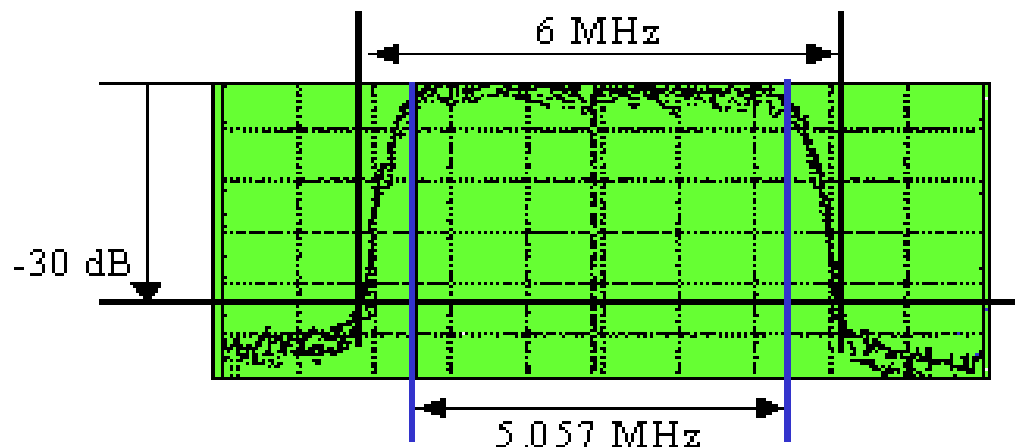
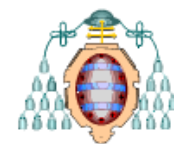
Cálculo bit rate en downstream



- 1000 CM conectados al CMTS
- 1 canal downstream
- 8 canales upstream: 125 CM por US



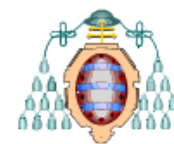
Cálculo bit rate en downstream



- Roll-off factor:
 - $\text{Symbol Rate} = \text{BW canal} * (1 - \text{roll-off})$
- Bit Rate maximo
 - $\text{Bits por símbolo} * \text{Symbol Rate}$
- Sobrecargas FEC, MPEG, señalizaciones DOCSIS
 - Sobrecarga física y MAC 10%
 - $\text{Bit Rate Efect} = \text{Bit Rate Max} * (1 - \text{Sobrecarga FISICA Y MAC})$



Cálculo bit rate en downstream

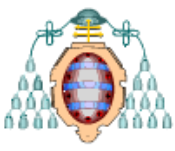


BW RF	Modulación	Symbol Rate	Bit Rate máximo	Bit-Rate efectivo
6 MHz	64 QAM	5.0569 Msymb/s	30.3 Mbps	27 Mbps
	256 QAM	5.365 Msymb/s	42.88 Mbps	38 Mbps
8 MHz	64 QAM	6.74 Msymb/s	40.44 Mbps	36 Mbps
	256 QAM	7.15 Msymb/s	57.20 Mbps	51 Mbps

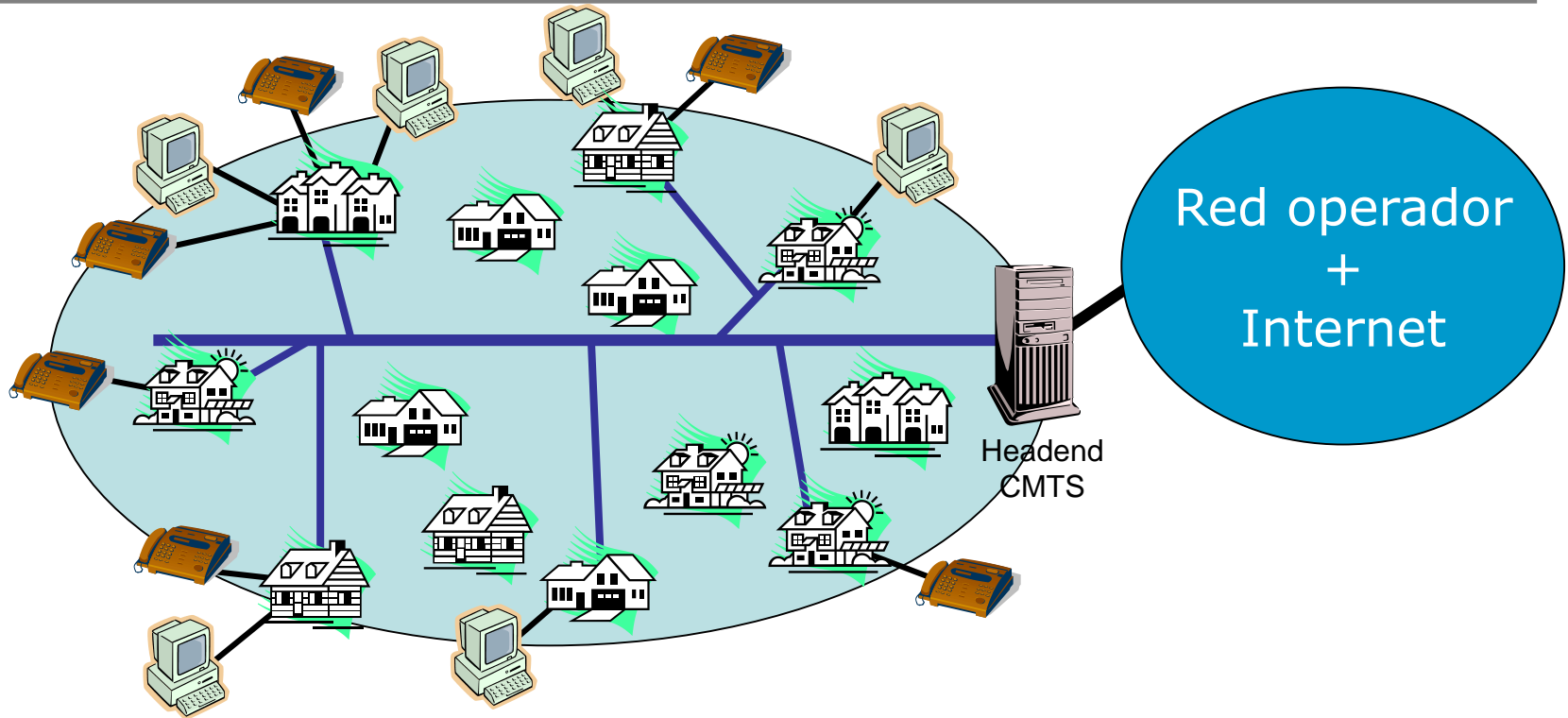
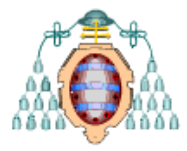
roll-off factor
15%-35%

bits/simb
modulación

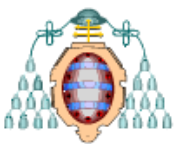
overload
PHY-MAC



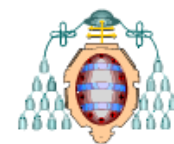
Cálculo bit rate en upstream



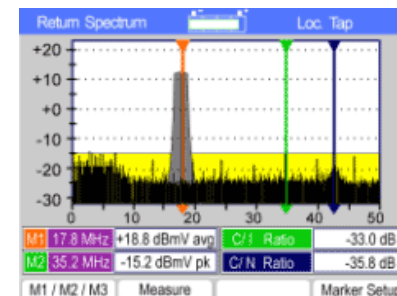
- 1000 CM conectados al CMTS
- 1 canal downstream
- 8 canales upstream: 125 CM por US

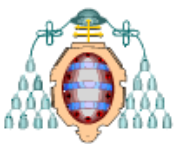


Cálculo bit rate en upstream

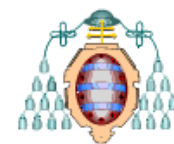


- Capa física en upstream
 - Rango 5-42 MHz
 - Modulaciones QPSK y 16 QAM
 - 5 anchos de banda diferentes
 - Roll-off factor 20%
- $\text{Symbol Rate} = \text{Ancho de banda} * (1 - 0.2)$
- $\text{Bit Rate maximo} = \text{Bits por símbolo} * \text{Symbol Rate}$
- Sobrecarga PHY y MAC
 - FEC 8%
 - Slots de mantenimiento y reserva 10%
- $\text{Bit Rate Efectivo} = \text{Bit Rate Max} * (1 - \text{Sobrecarga PHY-MAC})$





Cálculo bit rate en upstream

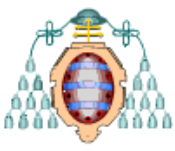


Ancho banda	Symbol Rate	Bit Rate máximo		Bit-Rate efectivo
200 KHz	160 Ksymb/s	QPSK 320 Kbps 16QAM 640 Kbps		275 Kbps 550 Kbps
400 KHz	320 Ksymb/s	QPSK 640 Kbps 16QAM 1.28 Mbps		550 Kbps 1.1 Mbps
800 KHz	640 Ksymb/s	QPSK 1.28 Mbps 16QAM 2.56 Mbps		1.1 Mbps 2.2 Mbps
1.6 MHz	1.28 Msymb/s	QPSK 2.56 Mbps 16QAM 5.12 Mbps		2.2 Mbps 4.4 Mbps
3.2 MHz	2.56 Msymb/s	QPSK 5.12 Mbps 16QAM 10.24 Mbps		4.4 Mbps 8.8 Mbps

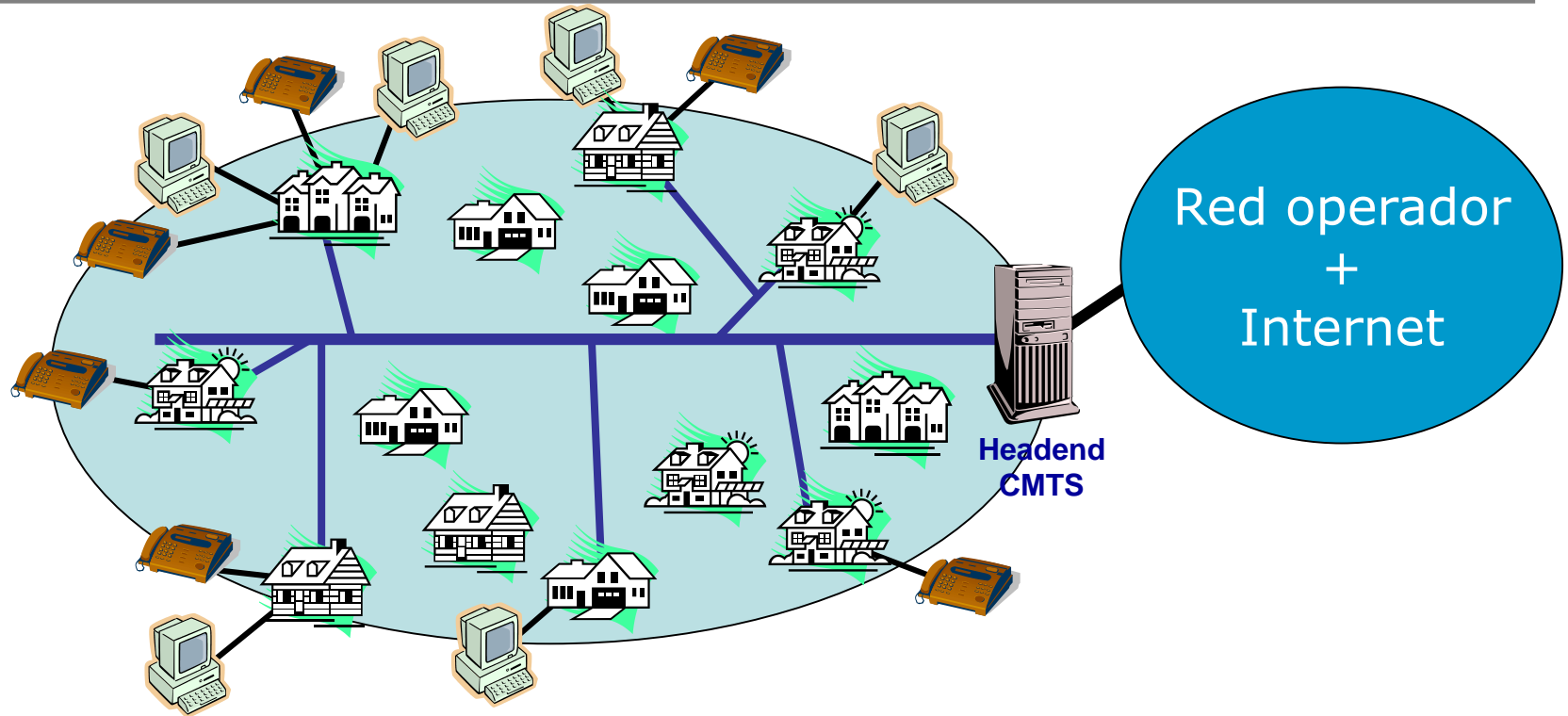
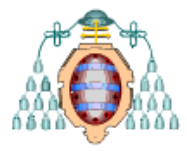
roll-off
20 %

bits/simb
modulación

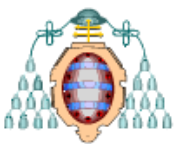
overload
PHY-MAC



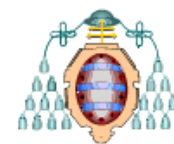
Dimensionado de una red de cable



- Área de servicio de cada controlador CMTS
- Zona a cubrir 5000 hogares (HHP *Households Passed*)
- Usuarios con sólo datos, sólo voz, voz y datos



Dimensionado de una red de cable



PENETRACIÓN EN EL MERCADO

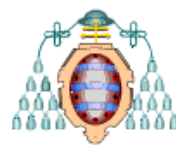
HHP por cabecera	5000 hogares
Datos: Penetración en el mercado (PMD) Factor de actividad de los abonados Media (FAM) Pico (FAP)	15% 20% (DHCP) 5%
Voz: Penetración en el mercado (PMV)	15%
Voz y Datos: Penetración en el mercado (PMVD)	5%

CONFIGURACIÓN DOCSIS

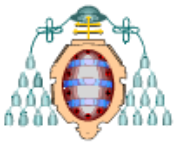
<i>Downstream/Upstream</i>	1 DS / 8 US
Sobrecarga PHY y MAC en <i>Upstream</i>	15%
Sobrecarga PHY y MAC en <i>Downstream</i>	10%
Sobrecarga de señalización y mantenimiento por CM	1 Kbps



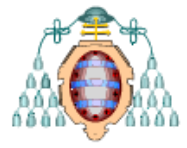
Dimensionado tráfico datos



- ***Penetración Datos = Penetración Datos + Penetración Voz y Datos***
 - Penetración Datos = PMD + PMVD (%)
 - Penetración Datos = 15% + 5% = 20%
- ***Abonados Activos = HHP * Penetración Datos * FAM***
 - Abonados Activos = 5000 * 20% * 20% = 200
- ***Abonados Pico = HHP * Penetración Datos * FAP***
 - Abonados Pico = 5000 * 20% * 5% = 50
- Anchos de banda a considerar en el dimensionado
 - Ancho de banda medio
 - Tasa de transferencia en un intervalo extenso de tiempo
 - Intervalo de referencia: 5 minutos
 - Ancho de banda de pico
 - Tasa de transferencia percibida en un intervalo corto
 - Intervalo de referencia: 1 segundo



Dimensionado tráfico datos

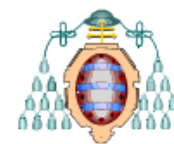


Porcentaje abonados	Bit rate máximo <i>Downstream / Upstream</i>	Bit rate medio <i>Downstream / Upstream</i>
30%	160 / 80 Kbps	32 / 25 Kbps
60%	640 / 320 Kbps	128 / 100 Kbps
10%	1000 / 320 Kbps	250 / 100 Kbps

- ***BW Medio = (Abonados Activos * BW por Abonado) * (1 + Sobrecarga)***
 - *BW Medio Downstream* = $(200 * (0.3 * 32 + 0.6 * 128 + 0.1 * 250)) * (1 + 0.1) = 24.5 \text{ Mbps}$
 - *BW Medio Upstream* = $(200 / 8 * (0.3 * 25 + 0.6 * 100 + 0.1 * 100)) * (1 + 0.15) = 2.22 \text{ Mbps}$
- ***BW Pico = (Abonados Pico * BW por Abonado) * (1 + Sobrecarga)***
 - *BW Pico Downstream* = $(50 * (0.3 * 160 + 0.6 * 640 + 0.1 * 1000)) * (1 + 0.1) = 29.26 \text{ Mbps}$
 - *BW Pico Upstream* = $(50 / 8 * (0.3 * 80 + 0.6 * 320 + 0.1 * 320)) * (1 + 0.15) = 1.78 \text{ Mbps}$
- ***BW Datos = Max [BW Medio, BW Pico]***
 - *BW Datos Downstream* = $\text{Max}[24.5 \text{ Mbps}, 29.26 \text{ Mbps}] = 29.26 \text{ Mbps}$
 - *BW Datos Upstream* = $\text{Max}[2.22 \text{ Mbps}, 1.78 \text{ Mbps}] = 2.22 \text{ Mbps}$



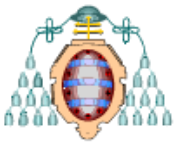
Dimensionado tráfico datos



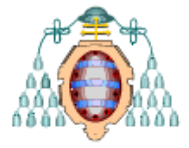
Porcentaje abonados	Bit rate máximo <i>Downstream / Upstream</i>	Bit rate medio <i>Downstream / Upstream</i>
30%	32 / 16 Kbps	6.4 / 5 Kbps
60%	128 / 64 Kbps	25.6 / 20 Kbps
10%	200 / 64 Kbps	50 / 20 Kbps

Velocidades de acceso mínimas
en horas de máxima actividad (80% abonados)

- ***BW Medio*** = (***Abonados Activos*** * ***BW por Abonado***) * (1 + ***Sobrecarga***)
 - *BW Medio Downstream* = 19.6 Mbps
 - *BW Medio Upstream* = 1.77 Mbps
- ***BW Pico*** = (***Abonados Pico*** * ***BW por Abonado***) * (1 + ***MAC-PHY OH***)
 - *BW Pico Downstream* = 23.41 Mbps
 - *BW Pico Upstream* = 1.42 Mbps
- ***BW Datos*** = ***Max [BW Medio, BW Pico]***
 - *BW Datos Downstream* = Max[19.6 Mbps, 23.41 Mbps] = 23.41 Mbps
 - *BW Datos Upstream* = Max[1.77 Mbps, 1.42 Mbps] = 1.77 Mbps



Dimensionado tráfico datos



- Configuración parámetros del protocolo
 - Máximo de las cantidades anteriores
- BW Datos Downstream
 - $\text{Max}[29.26\text{Mbps}, 23.41\text{Mbps}] = 29.26\text{Mbps}$
 - Configuración 256QAM a 38 Mbps
- BW Datos Upstream
 - $\text{Max}[2.22\text{Mbps}, 1.77\text{Mbps}] = 2.22\text{Mbps}$
 - Configuración QPSK a 2.56 Mbps

