

INGENIERÍA DE REDES

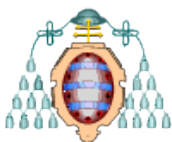
Grado en Ingeniería Informática

Tema 6:

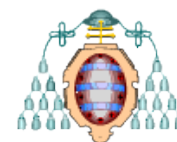
Arquitectura de redes de cable.

Protocolo DOCSIS

Roberto García Fernández
Área de Ingeniería Telemática
Universidad de Oviedo

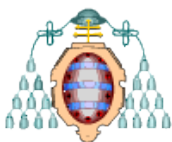


Programa

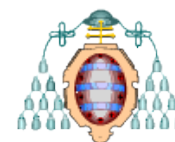


- Introducción
- Arquitectura de redes de cable
- Protocolo DOCSIS
- Ingeniería de tráfico en redes de cable
 - Dimensionado tráfico de datos
 - Dimensionado tráfico VoIP





Abonados a servicios de banda ancha



Abonados banda ancha fija (países OECD, diciembre 2023)

- 20,3% : DSL
- 29,6% : Redes de Cable
- 42,5% : Fibra
- 7,6% : Otros

Datos CNMC Diciembre 2023

España

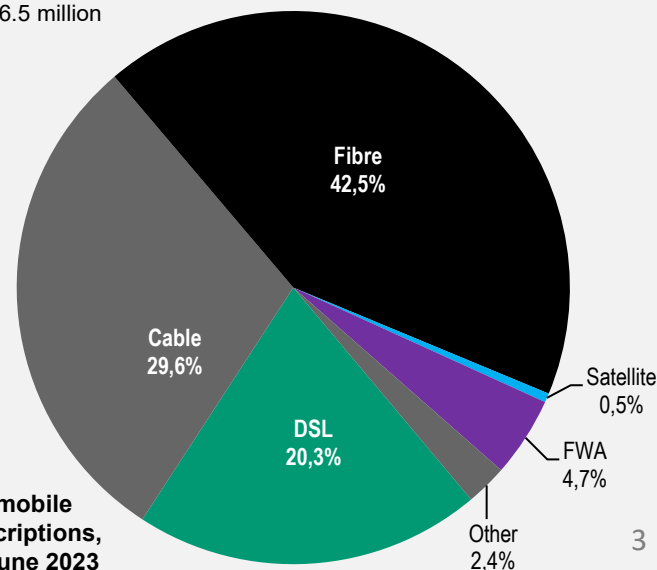
- 85,6% : FTTH
 - 2,8% : DSL
 - 8,6% : Redes de cable
- 1.488.034 líneas HFC

ASTURIAS 2023	
xDSL	38.420
HFC	82.931 (21,3%)
FTTH	255.296
OTROS	12.398
Total	389.045

OECD	Total fixed broadband subscriptions
DSL	100.772.329
Cable Modem	147.109.544
Fibre	210.783.768
Satellite	2.629.192
FWA	23.225.753
Other	12.009.559
TOTAL Fixed Broadband	496.530.145

OECD Fixed broadband subscriptions, by technology, December 2023

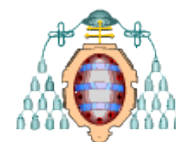
Total subscriptions: 496.5 million



OECD fixed and mobile broadband subscriptions, by technology, June 2023



Tecnologías de acceso de banda ancha fija



3. COMUNICACIONES FIJAS - 3.2. Banda ancha fija - d) Datos por operador

40. Líneas de banda ancha fija por tecnología y por operador (España) (número de líneas)

	xDSL	FTTH	HFC		Otros	Total
Movistar	220.211	5.339.558	0	33,83%	302.654	5.862.423
Orange	214.058	3.597.514	1.849	22,72%	124.147	3.937.568
Vodafone	9.811	1.577.364	1.211.440	16,60%	78104	2.876.719
Grupo MASMOVIL	41.588	2.951.131	274.745	18,90%	7.473	3.274.937
Resto	220	1376696	0	7,95%	0	1.376.916
Total	485.888	14.842.263	1.488.034		512.378	17.328.563
	2,80%	85,65%	8,59%		2,96%	100,0%

Última actualización 26/02/2024

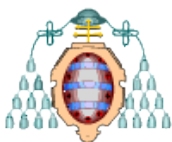
Extracción de datos 28/02/2024

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia

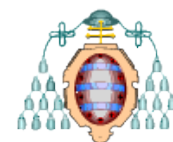
**Informe CNMC
Diciembre 2023**

Fuente: CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia)

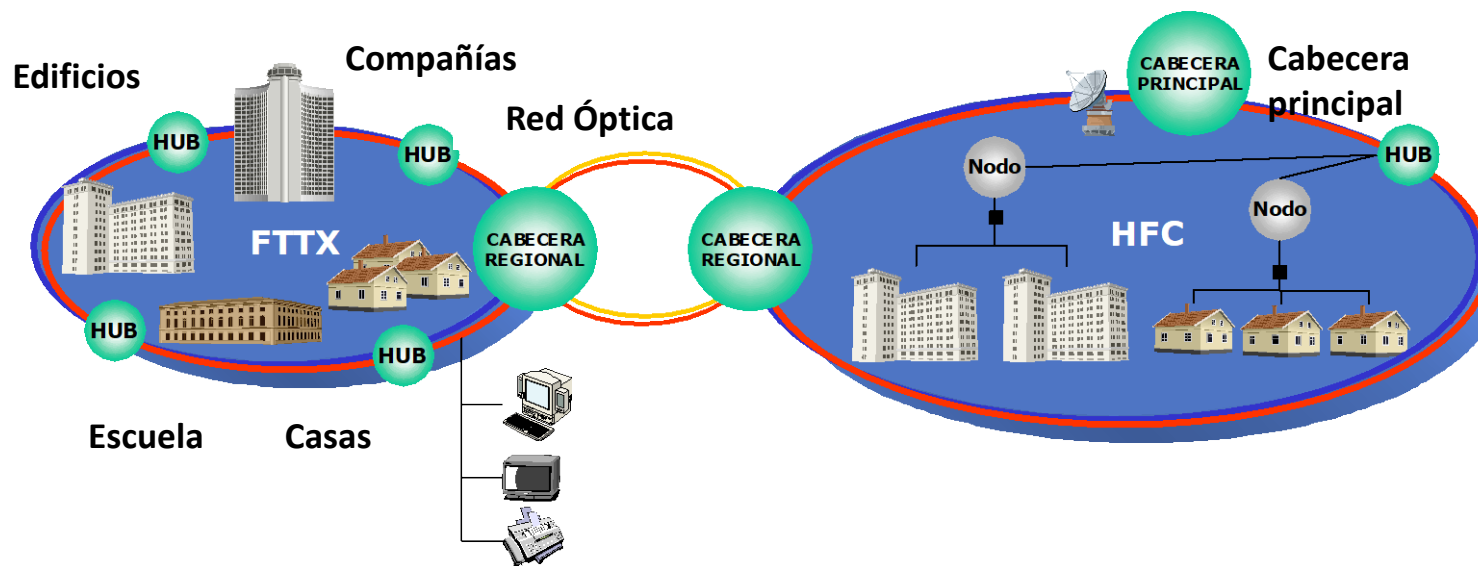
<https://data.cnmcs.es/telecomunicaciones-y-sector-audiovisual/conjuntos-de-datos/datos-mensuales/telecomunicaciones>

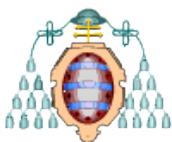


Redes de acceso de fibra óptica

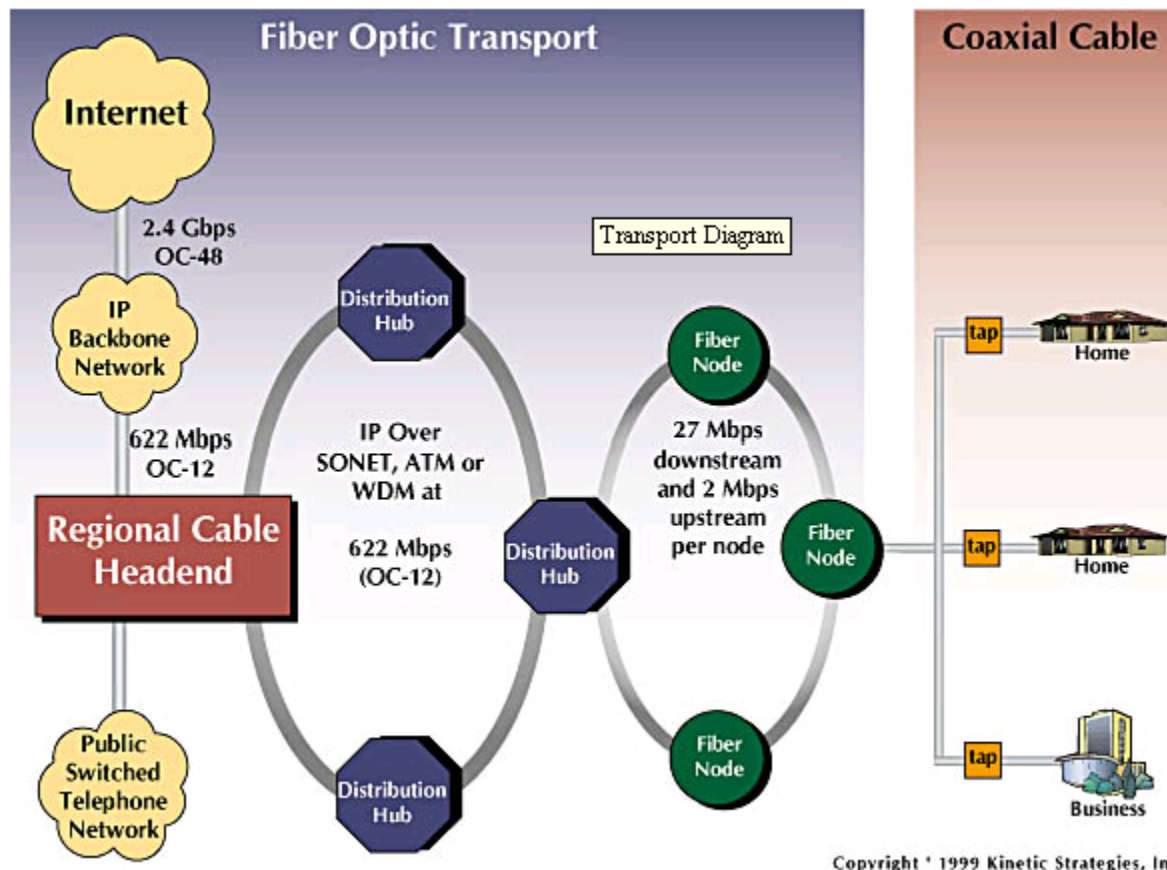
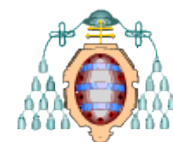


- Acceso a banda ancha
 - Tecnologías de acceso de banda ancha: HFC o FTTX
 - HFC: Hybrid Fiber Coaxial
 - FTTX: Fiber To The X (Home, Building, Curb, Service Area)



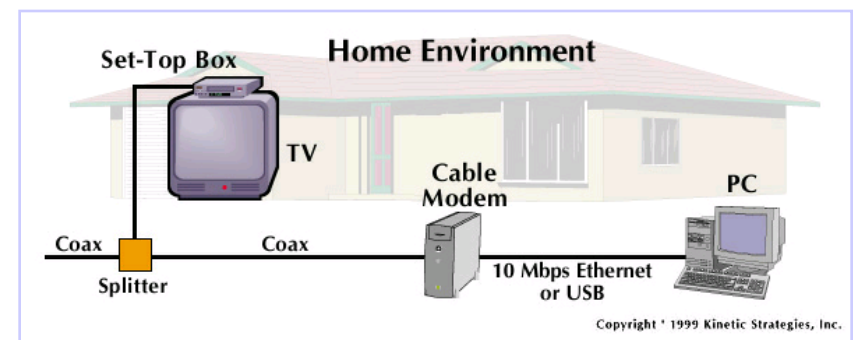
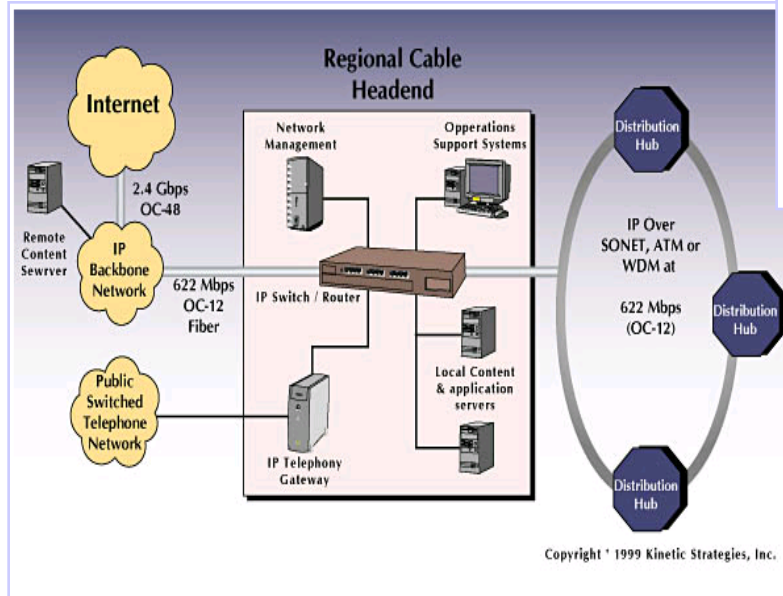
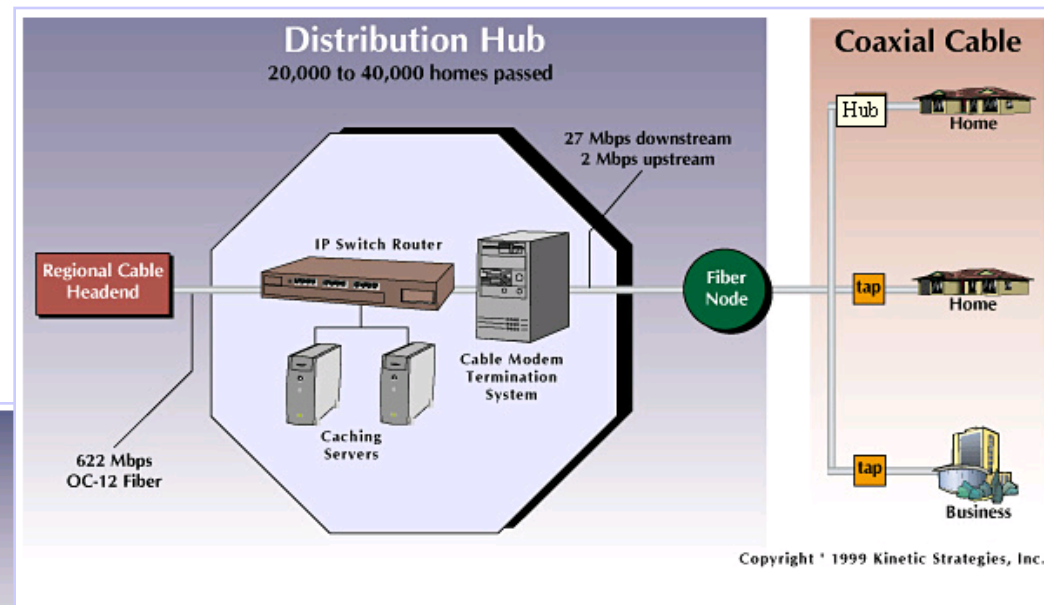
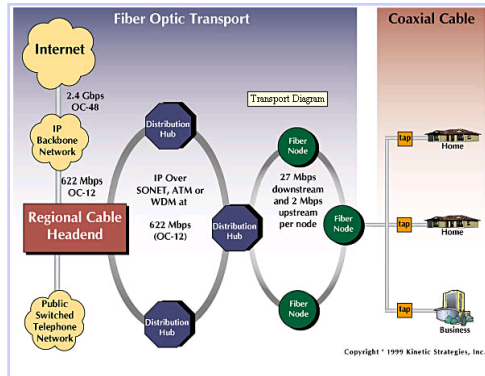
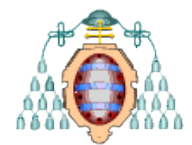


Arquitectura de la red de datos



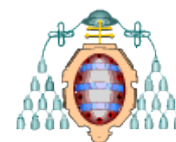


Arquitectura de la red de datos





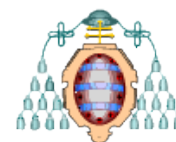
Protocolo DOCSIS



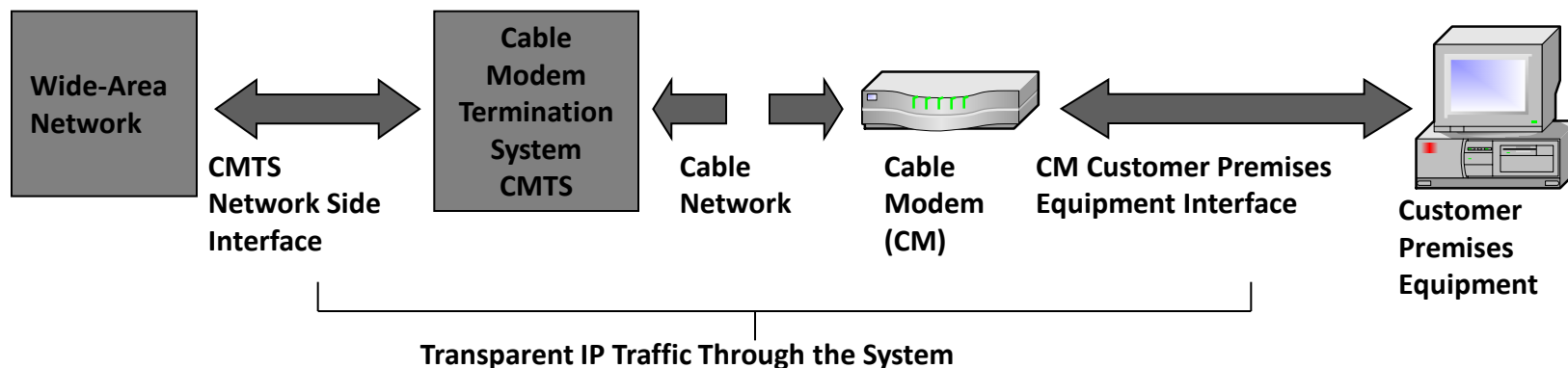
- Interés de los operadores de cable
 - Sistemas de comunicaciones de datos de alta velocidad
 - Soporte de gran variedad de servicios
- Distintas alternativas tecnológicas para el desarrollo de equipos de comunicaciones
- Cada fabricante tenía sus propios sistemas
 - Problemas de compatibilidad
- Asociación de compañías CableLabs
 - Cable Television Laboratories
- Especificaciones de interfaz para la definición, diseño, desarrollo y despliegue de sistemas de datos sobre redes de cable

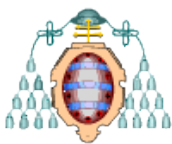


DOCSIS

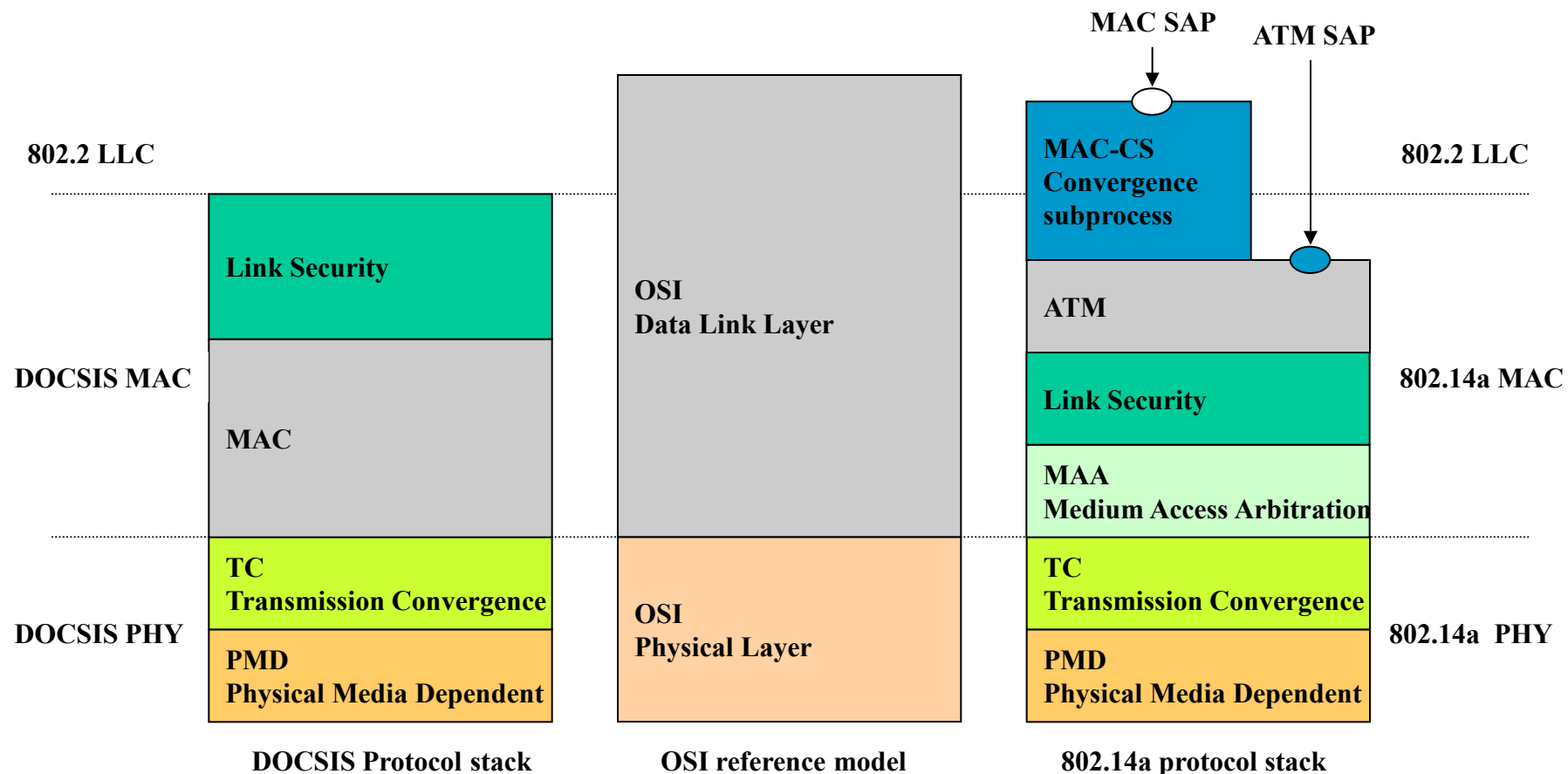
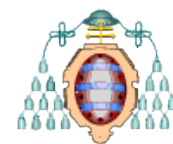


- Data Over Cable Service Interface Specification
- Esquemas de modulación, formatos de datos, protocolos
- Protocolo MAC para redes de cable
- Versiones del protocolo
 - Versión inicial - DOCSIS 1.0
 - Versión mejorada - DOCSIS 1.1 – EuroDOCSIS 1.1
 - Tipos de servicio: UGS, UGS-AD, rtPS, nrtPS, Best Effort
 - Nuevas versiones - DOCSIS 2.0, DOCSIS 3.0, DOCSIS 3.1



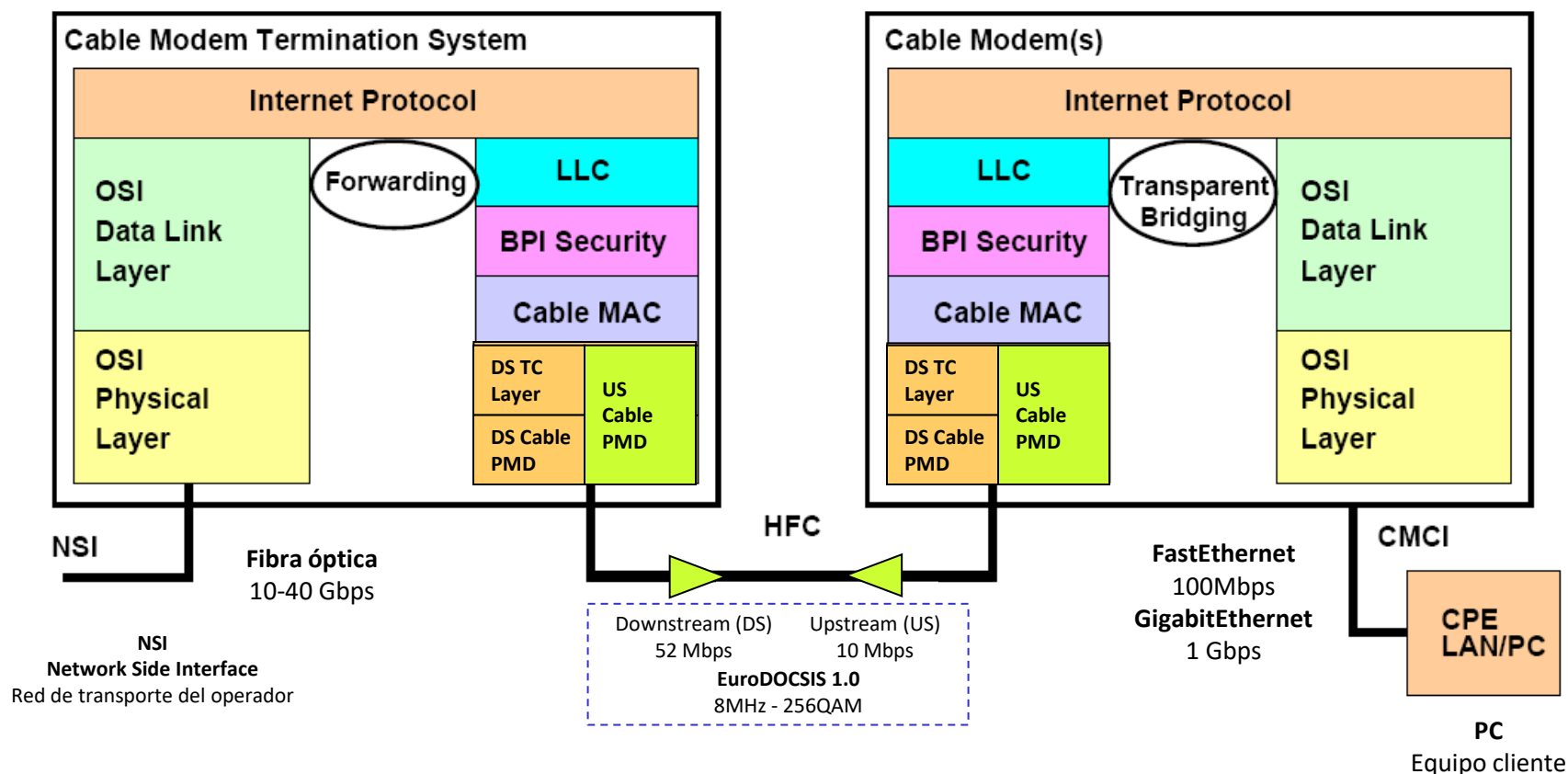
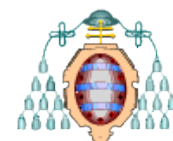


Arquitectura de protocolos DOCSIS





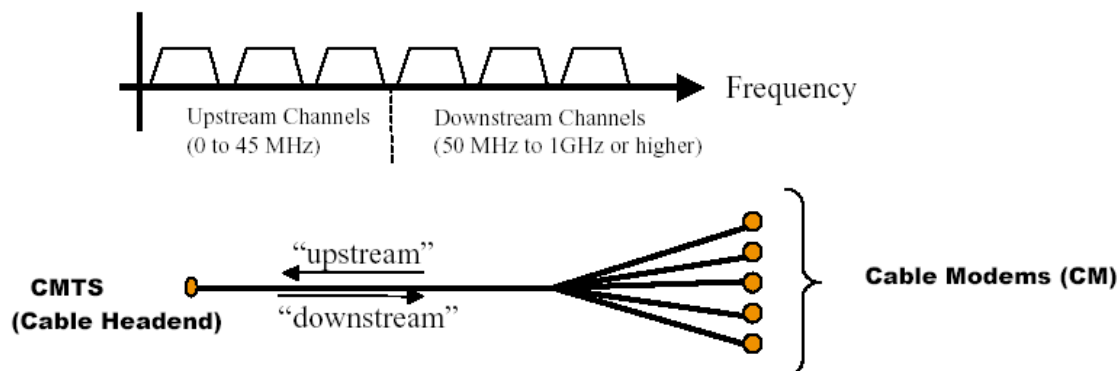
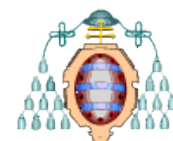
Arquitectura de protocolos DOCSIS



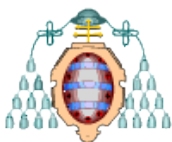
Fuente: Agilent Technologies



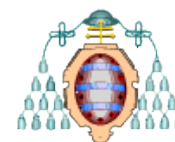
DOCSIS 1.0



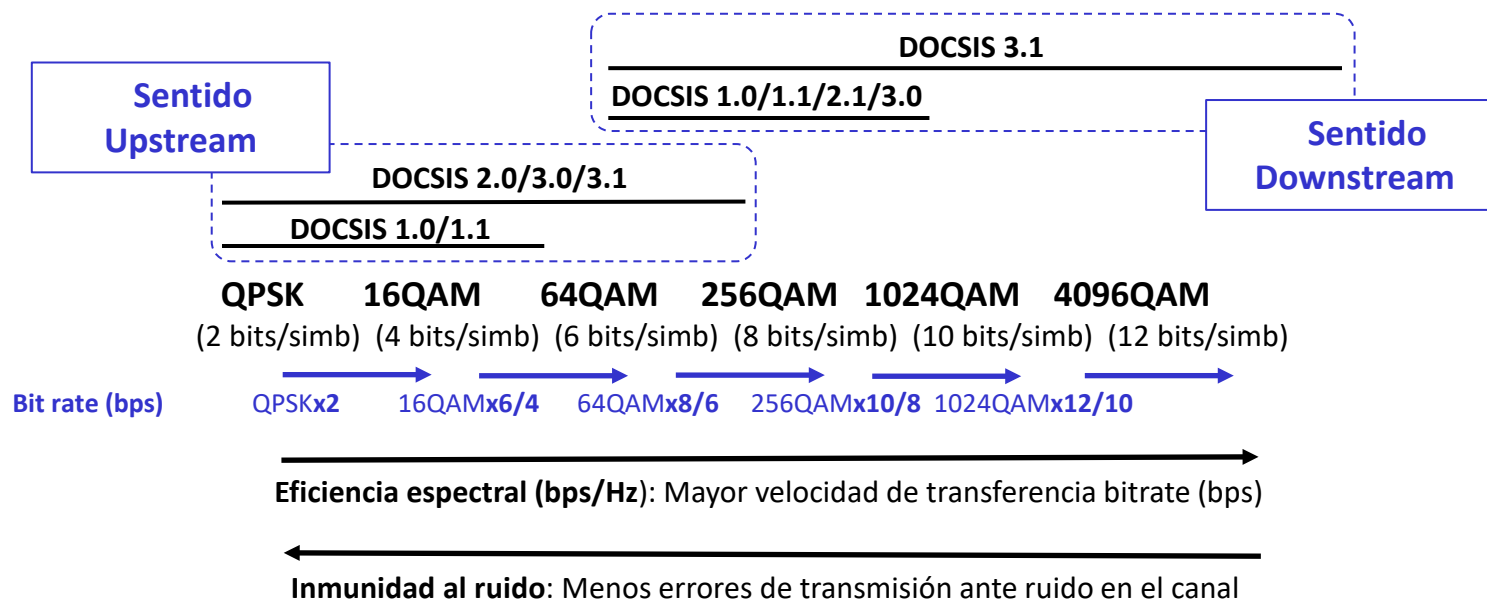
- Acceso a internet de alta velocidad
- **Transferencia de datos en sentido *downstream* (DS)**
 - 27Mbps ó 36Mbps (EuroDOCSIS: 42Mbps ó 52Mbps)
 - Frecuencias: 88-860 MHz (Norte América) 108-862 MHz (Europa)
 - Ancho canal: 6 MHz (Norte América) 8 MHz (Europa)
 - Modulación: 64QAM / 256QAM
 - Flujo continuo de datos MPEG-2
- **Transferencia de datos en sentido *upstream* (US)**
 - 320Kbps hasta 10Mbps
 - Frecuencias: 5-42 MHz (Norte América) 5-65 MHz (Europa)
 - Ancho de canal: 0.2 hasta 3.2 MHz en 5 intervalos
 - Symbol rates: 160, 320, 640, 1280, 2560 Ksym/sec
 - Modulación: QPSK / 16QAM
 - Transmisión en slots de tiempo variables, controlados por CMTS
- Al ser el cable un medio compartido, a medida que más usuarios se conectan al sistema las velocidades de transferencia disminuyen

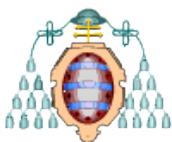


Modulaciones en redes de cable

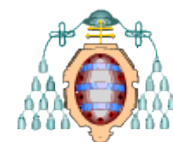


- Modulación: adaptación de una señal portadora para transmitir la información digital. Cambio de amplitud y fase de la señal (QPSK, QAM)
- Eficiencia espectral (bps/Hz)





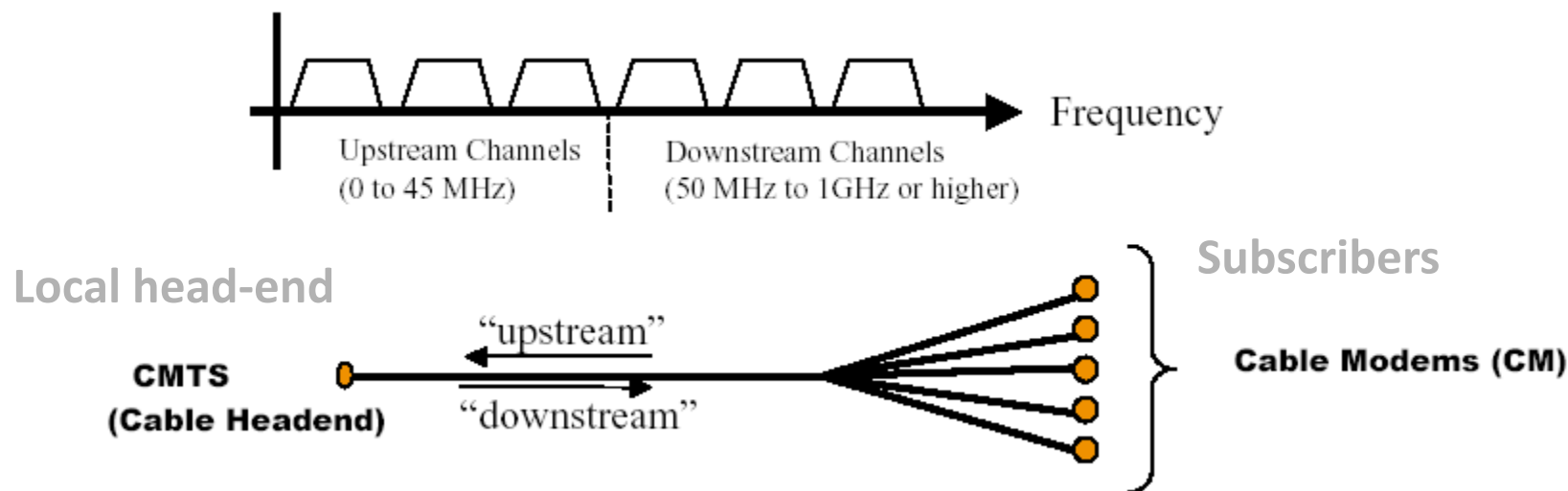
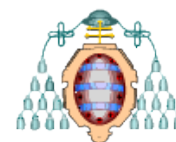
DOCSIS 1.1



- Soporte de QoS
- Service Flows
 - Se permiten múltiples flujos de servicio por CM
 - Establecimiento dinámico de servicios
- Para disminuir retardos, jitter e incrementar la utilización del ancho de banda en upstream
 - **Fragmentation**
 - Envío de una trama de un paquete durante una oportunidad de transmisión
 - **Concatenation**
 - Envío de varias tramas durante una oportunidad de transmisión
 - **Piggyback**
 - Las solicitudes de transmisión son “piggybacked” a los datos enviados, reduciendo el retardo
 - **Payload Header Suppression (PHS)**
 - Supresión de una parte de las cabeceras de capas superiores



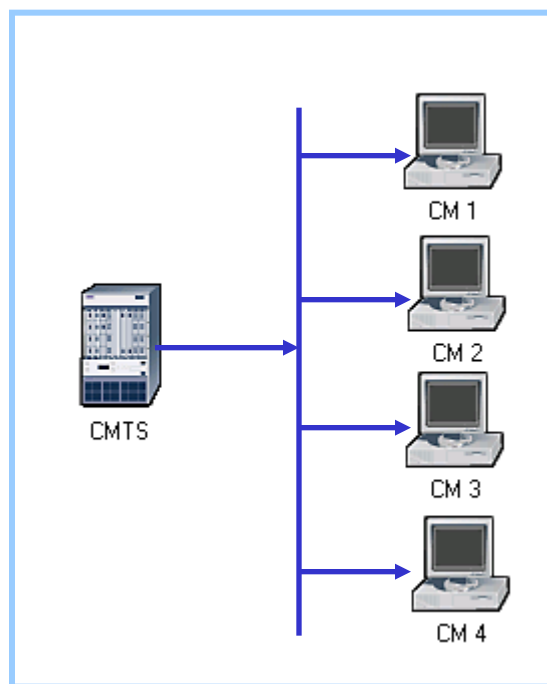
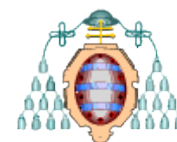
Principios de comunicación



- La comunicación es bidireccional
 - Canal downstream: compartido por todos los abonados
 - Canal upstream: abonados asignados a los N canales upstream
- La transmisión no es simétrica (DOCSIS 1.1)
 - Canal downstream 27Mbps ó 38Mbps (EuroDOCSIS: 42Mbps ó 52Mbps)
 - Cada canal upstream 320Kbps a 10.24Mbps



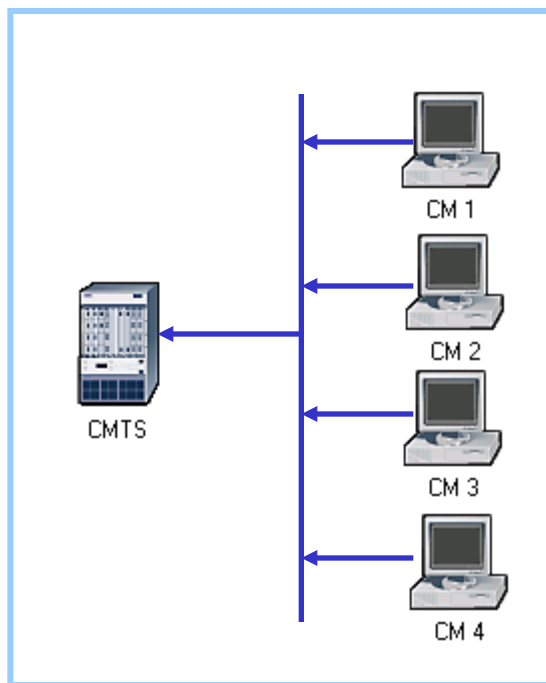
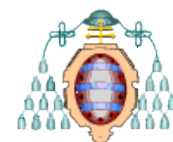
Comunicación en canal downstream



- De CMTS a los CMs
- Mensajes de datos y gestión enviados por broadcast
- Todos los CMs escuchan todas las tramas
- CMs aceptan las tramas destinadas a ellos



Comunicación en canal upstream



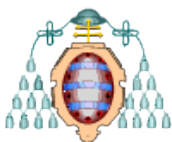
- Desde los CMs al CMTS
- Canal dividido en “mini slots” de tiempo
- Mini slot

- Unidad de oportunidad de transmisión

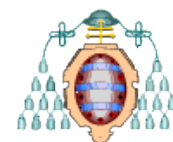
slot



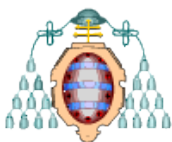
- Uso de slots gestionado por CMTS
- Slots
 - Grant (reserved) slots
 - Transmisión de datos
 - Contention (request) slots
 - Reserva de oportunidades de transmisión



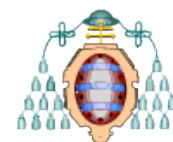
Especificaciones capa física



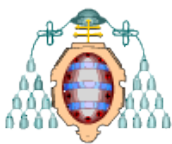
			DOCSIS	IEEE 802.14
Subcapa TC			MPEG-2	MPEG-2
PMD	<i>DS</i>	Rango RF	50/54MHz~860MHz	88MHz~860MHz
		Modulación	64 y 256 QAM	64 y 256 QAM
		Canal	6 MHz (NTSC) 8 MHz (PAL)	6 ó 8 MHz
	<i>US</i>	Rango RF	5 ~ 42 MHz	5MHz ~ 42MHz
		Modulación	QPSK y 16QAM	QPSK y 16QAM
		Velocidad	160·M Kbaudios M=1,2,4,8,16	160·M Kbaudios M=1,2,4,8,16



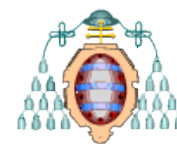
Operaciones en la capa MAC



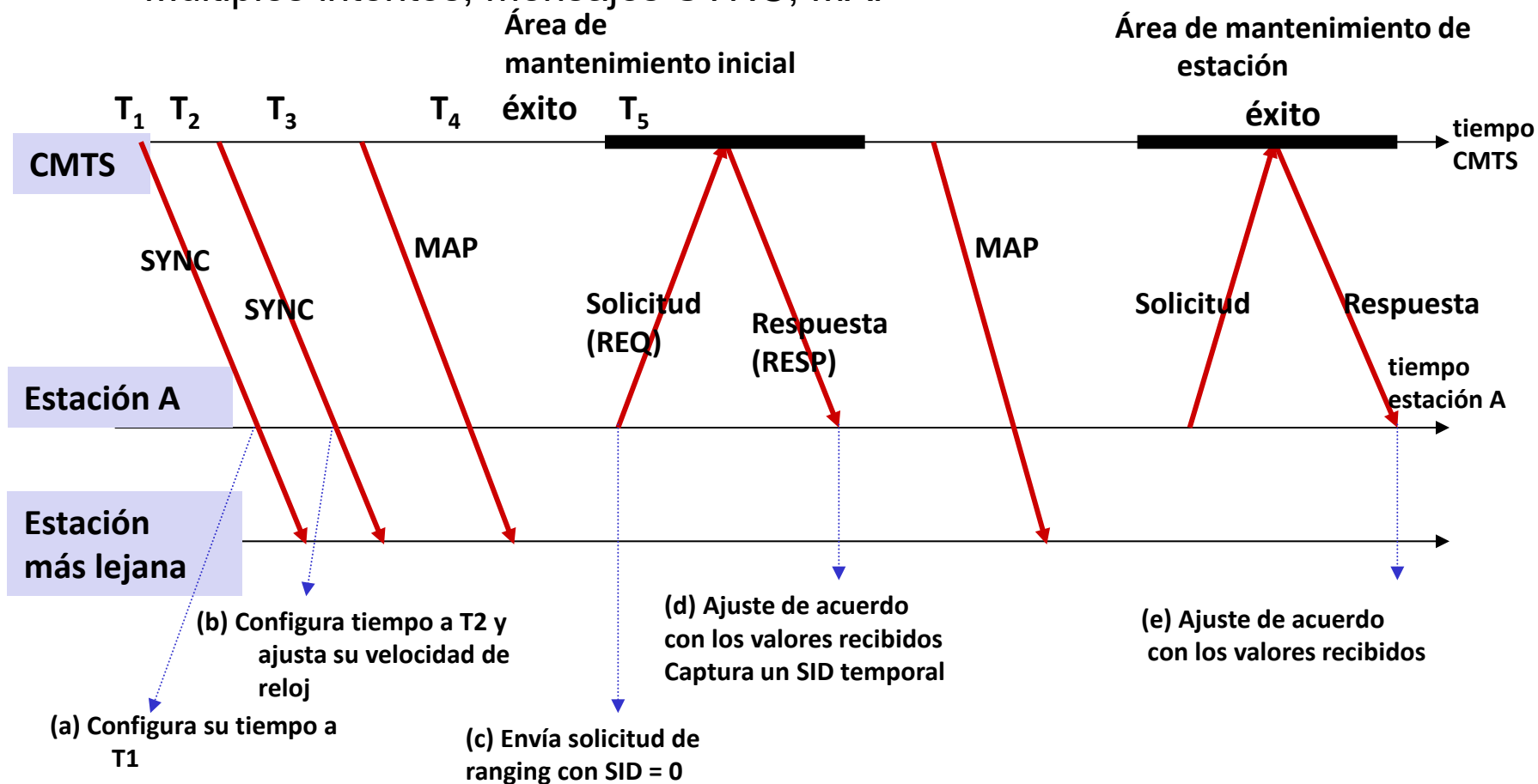
- Fase de inicialización
 - Ranging
- Fase de transferencia de información
 - Intervalos upstream
 - Gestión del ancho de banda
 - Mensajes MAP
 - Colas virtuales
 - Seguridad en la capa de enlace de datos
 - Servicios de QoS
 - Algoritmos de resolución de colisiones

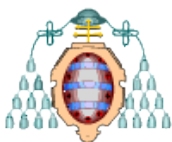


Proceso de ranging

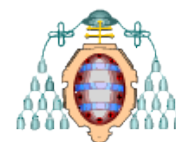


- Medir offset desde CMTS hasta CM
- Múltiples intentos, mensajes SYNC, MAP

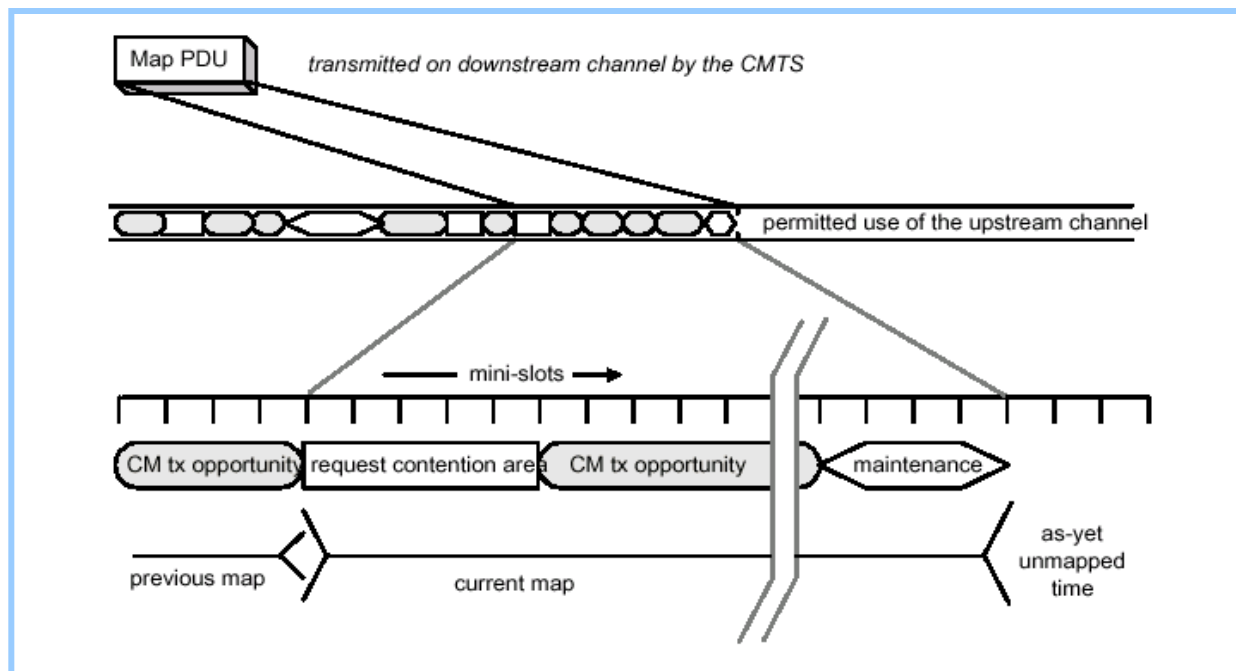


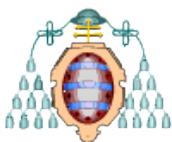


Transferencia de información

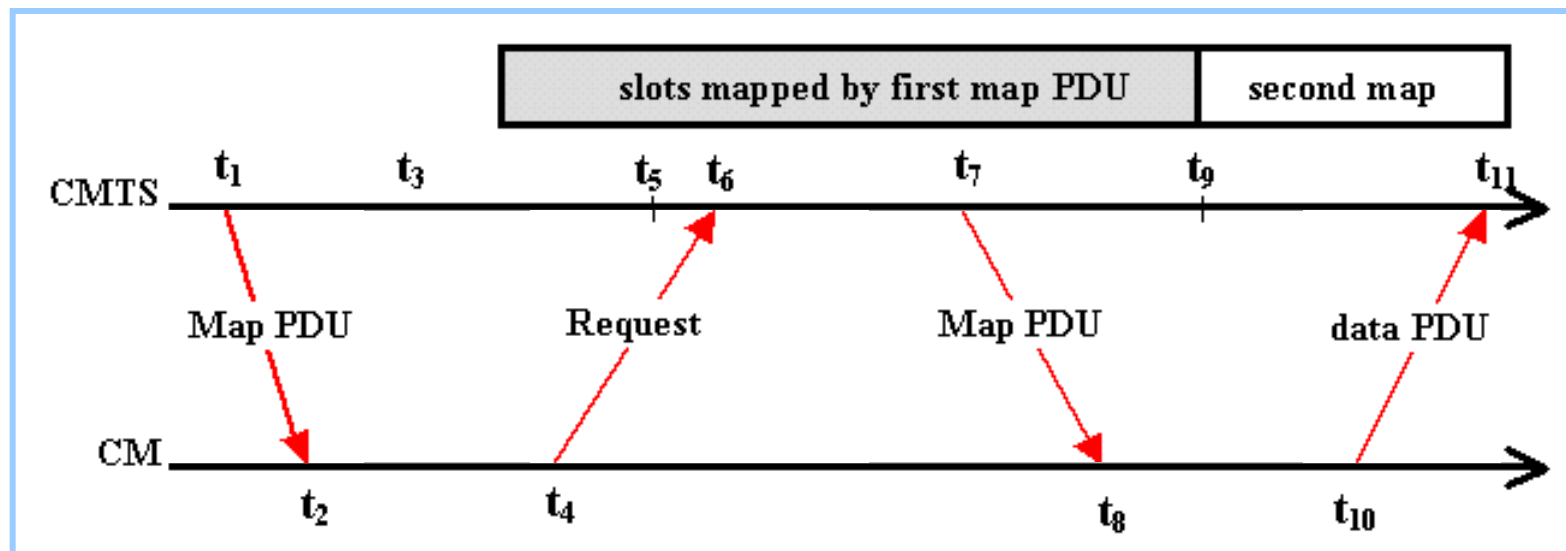
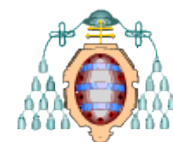


- CMTS asigna el uso de ancho de banda en upstream
- Bandwidth Allocation MAP message
 - Describe uso de slots
 - Difundidos periódicamente por CMTS en downstream
 - Usado por CM para determinar cuándo enviar datos en upstream





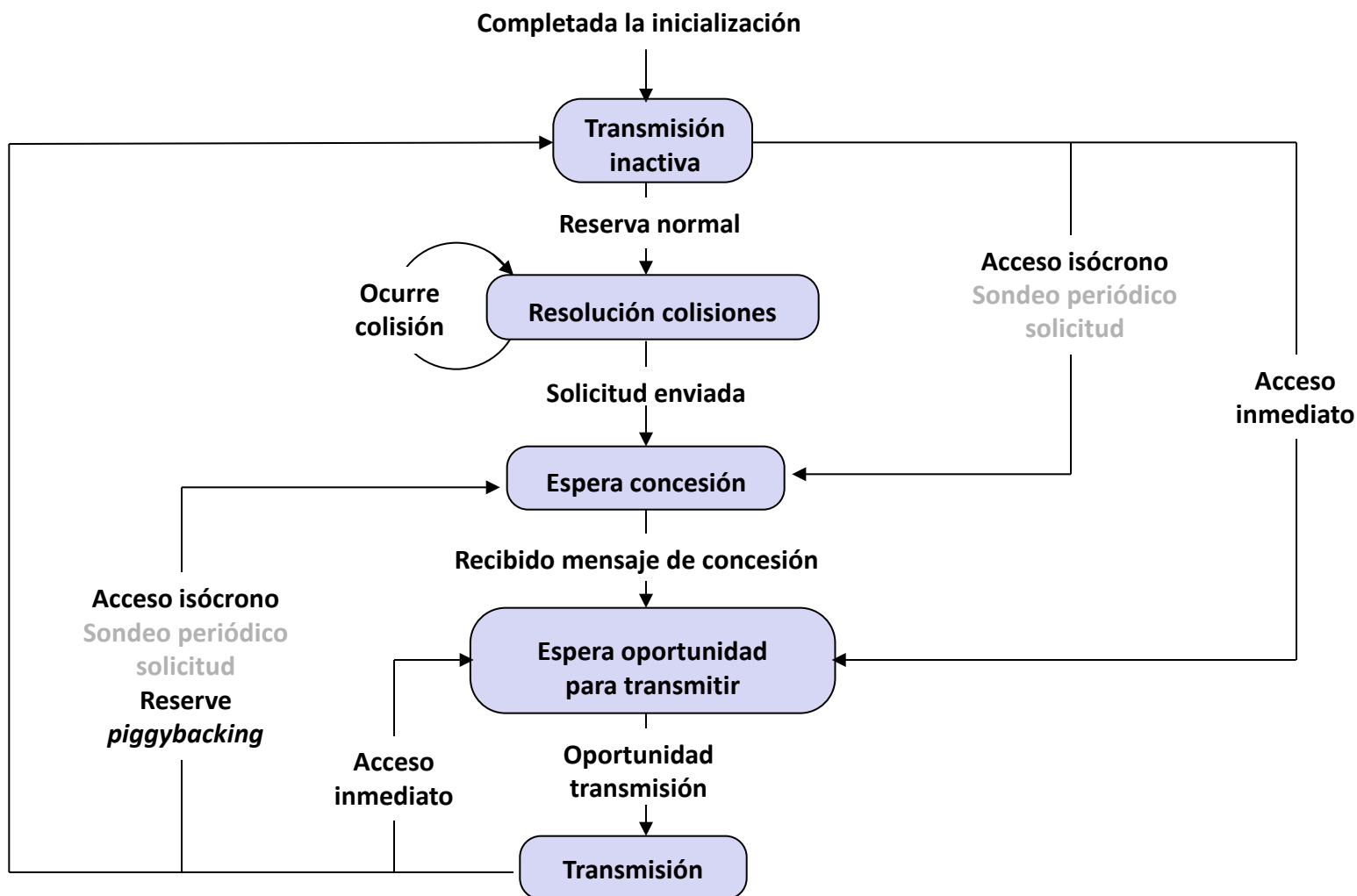
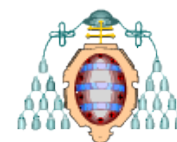
Transmisión en upstream



- 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

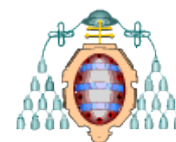


Mecanismos de transmisión





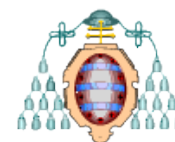
QoS: Tipos de servicio en upstream



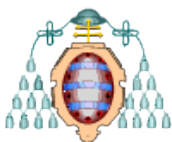
- **Best Effort**
 - Patrón “Request, grant, request, grant”
 - “Requests” → slots de contención “Datos” → slots reservados
- **Unsolicited Grant Service (UGS)**
 - Flujos de tiempo real que generan paquetes de datos de tamaño fijo de forma periódica (VoIP)
 - Ofrece concesiones de tamaño fijo para enviar datos de forma periódica. No necesita solicitud
- **Real-Time Polling Service (rtPS)**
 - Flujos en tiempo real que generan datos de tamaño variable de forma periódica, como video MPEG
- **Non-real Time Polling Service (nrtPS)**
 - Similar a nrtPS, pero las concesiones son menos frecuentes y también puede enviar datos en los slots de contención
- **Unsolicited Grant Service with Activity Detection (UGS-AD)**
 - Similar a UGS, pero como rtPS cuando no hay datos, para ahorrar ancho de banda -VoIP con supresión de silencios activada



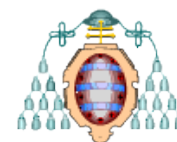
Servicios en DOCSIS



Servicio	Parámetros QoS	Modos de acceso	Aplicaciones
UGS	Tamaño de <i>grant</i> no solicitada Intervalo nominal de <i>grant</i> <i>Jitter</i> de <i>grant</i> tolerado	Acceso isócrono	VoIP
UGS-AD	Tamaño <i>grant</i> no solicitada Intervalo nominal de <i>grant</i> <i>Jitter</i> de <i>grant</i> tolerado Intervalo nominal de sondeo <i>Jitter</i> de sondeo tolerado	Acceso isócrono Sondeo periódico de solicitud	VoIP con supresión de silencios
rtPS	Intervalo nominal de sondeo <i>Jitter</i> de sondeo tolerado	Sondeo periódico de solicitud Reserva <i>piggybacking</i>	Videoconferencia, video bajo demanda
nrtPS	Intervalo nominal de sondeo Tasa mínima de tráfico reservada Tasa máxima de tráfico sostenida Prioridad de tráfico	Sondeo periódico de solicitud Reserva <i>piggybacking</i> Acceso inmediato	FTP de gran ancho de banda
Best-Effort	Tasa mínima de tráfico reservada Tasa máxima de tráfico sostenida Prioridad de tráfico	Reserva normal Reserva <i>piggybacking</i> Acceso inmediato	telnet, FTP, WWW

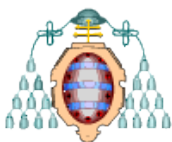


DOCSIS 2.0

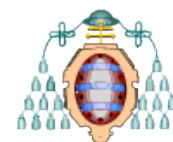


- Capacidad para servicios simétricos
- Incremento del ancho de banda en upstream
- Mejora de la eficiencia espectral
- DOCSIS 2.0 es compatible con DOCSIS 1.x

	Máximo ancho de banda por canal (MHz)	Eficiencia espectral (Modulación)	BW máximo por canal (bps)
DOCSIS 1.0	3.2 MHz	1.6 bps/Hz (QPSK)	5.12 Mbps
DOCSIS 1.1	3.2 MHz	3.2 bps/Hz (16QAM)	10.24 Mbps
DOCSIS 2.0	6.4 MHz	4.8 bps/Hz (64QAM ó 128QAM/TCM)	30.72 Mbps



DOCSIS 3.0

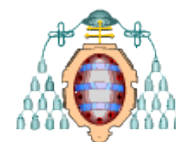


- Estándar DOCSIS con soporte IPv6
- *Channel bonding*
 - Uso de múltiples canales US y DS al mismo tiempo por un único abonado
 - Redundancia
 - Incrementar *throughput*

	Upstream	Downstream
DOCSIS 1.1	10 Mbps	38 Mbps
DOCSIS 2.0	30 Mbps	40 Mbps
DOCSIS 3.0	120 Mbps	160 Mbps
DOCSIS 3.1	1 Gbps	10 Gbps



Resumen DOCSIS



- Elementos de red
 - *Cable modem (CM)*
 - *Cable Modem Termination System (CMTS)*
- Comunicación
 - Downstream: *broadcast* de datos a todos los CM
 - Upstream: *allocation MAP message*
 - Determinan el uso de los slots de tiempo
- Mensajes MAP contienen
 - *Grant slots*
 - *Contention slots*
- Varios tipos de servicio
 - UGS, rtPS, UGS-AD, nrtPS, BE, CIR
- QoS Support
 - Fragmentación, concatenación, piggyback, PHS
- Capacidades de las nuevas versiones
 - DOCSIS 2.0, DOCSIS 3.0, DOCSIS 3.1