

Tecnologías MAN, WAN y redes de acceso

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Tecnologías en el acceso

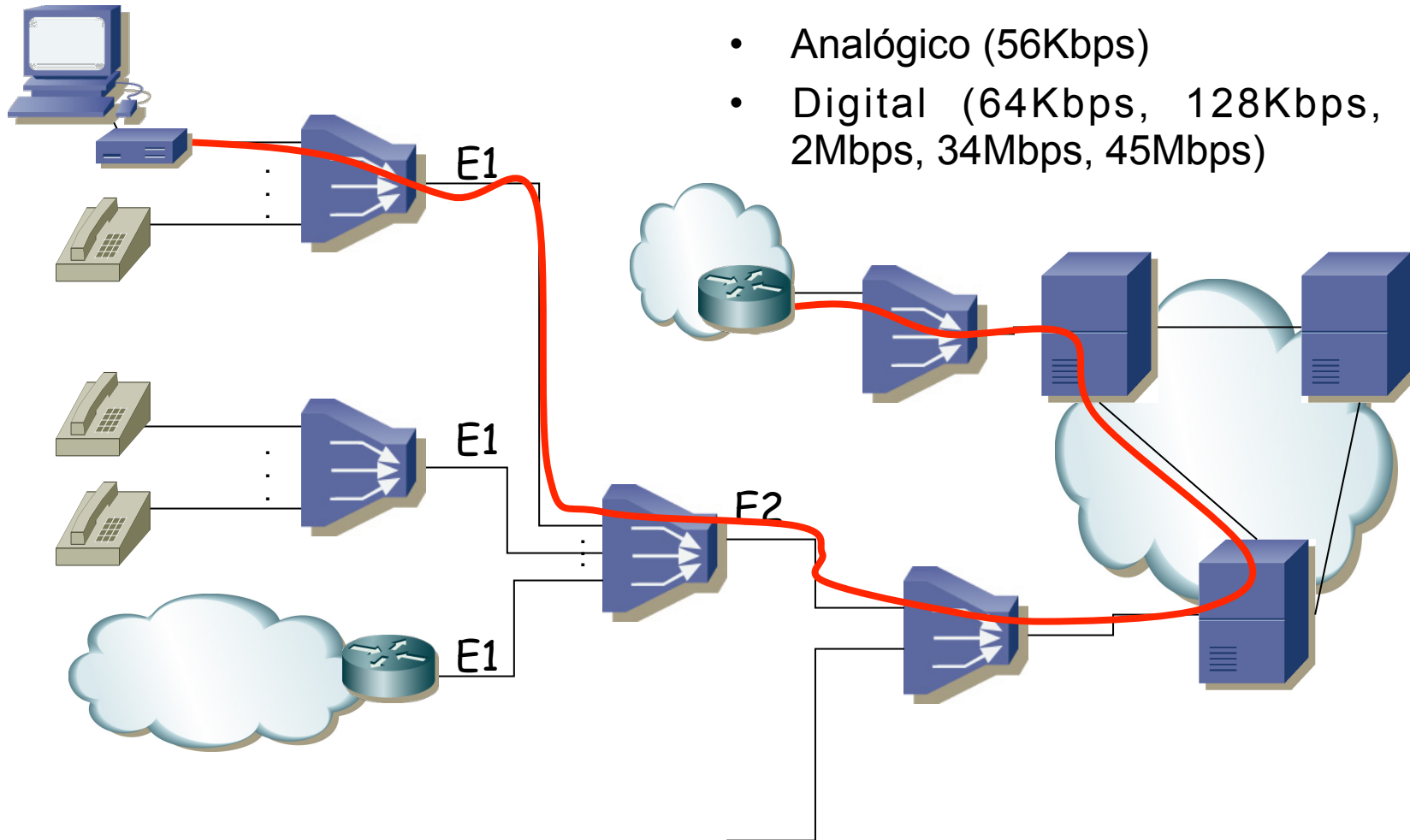
- Cableadas
 - PSTN
 - xDSL
 - FTTx
 - HFC
 - PLC
- Inalámbricas
 - Satélite
 - Fixed
 - WiFi
 - Celular
 - FSO
 - VLC



PSTN como red de acceso

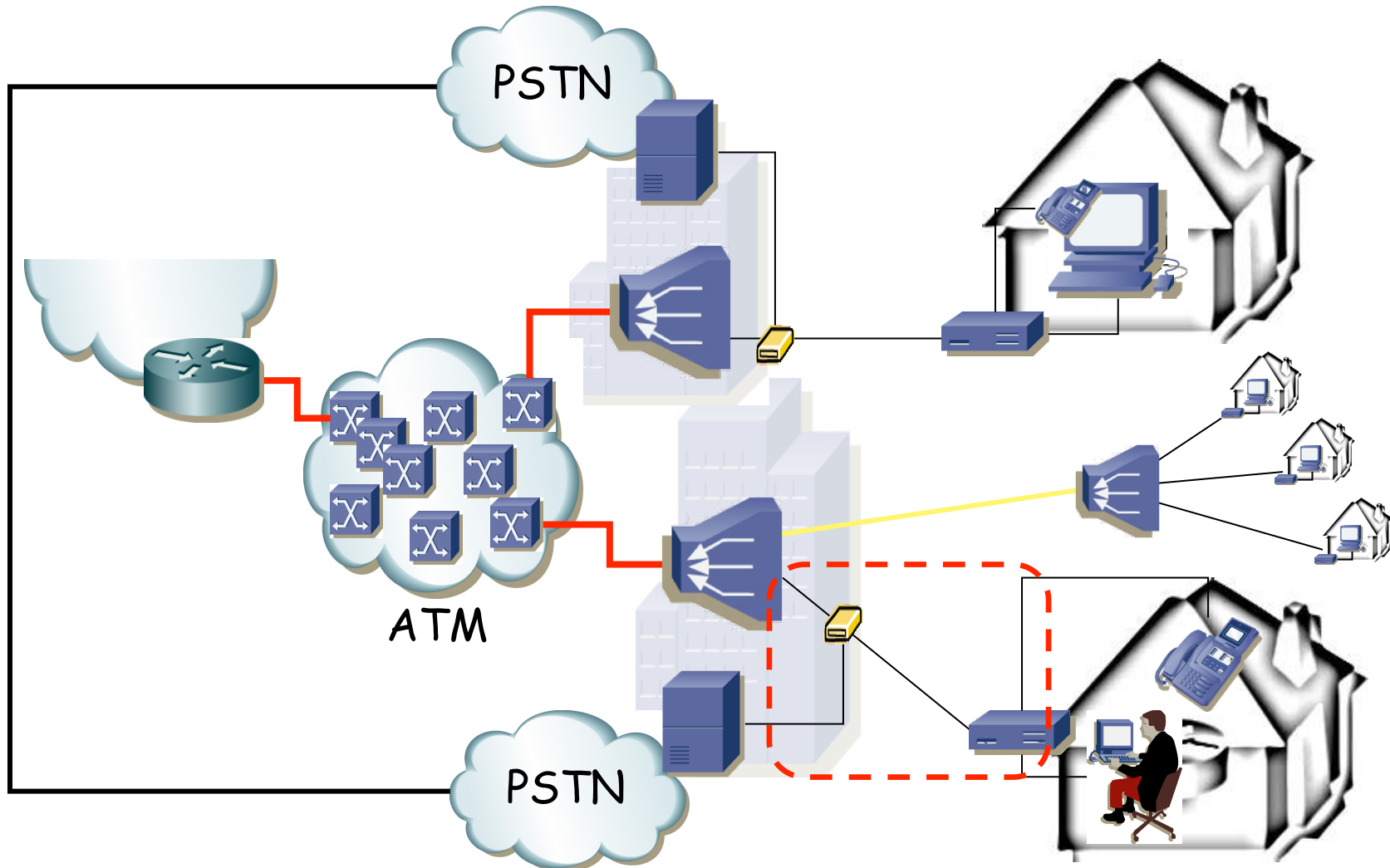
- Agregación

- Public Switched Telephone Network
- Acceso a Internet
- Analógico (56Kbps)
- Digital (64Kbps, 128Kbps, 2Mbps, 34Mbps, 45Mbps)



xDSL: Dónde encaja

- xDSL: *x-type Digital Subscriber Line*

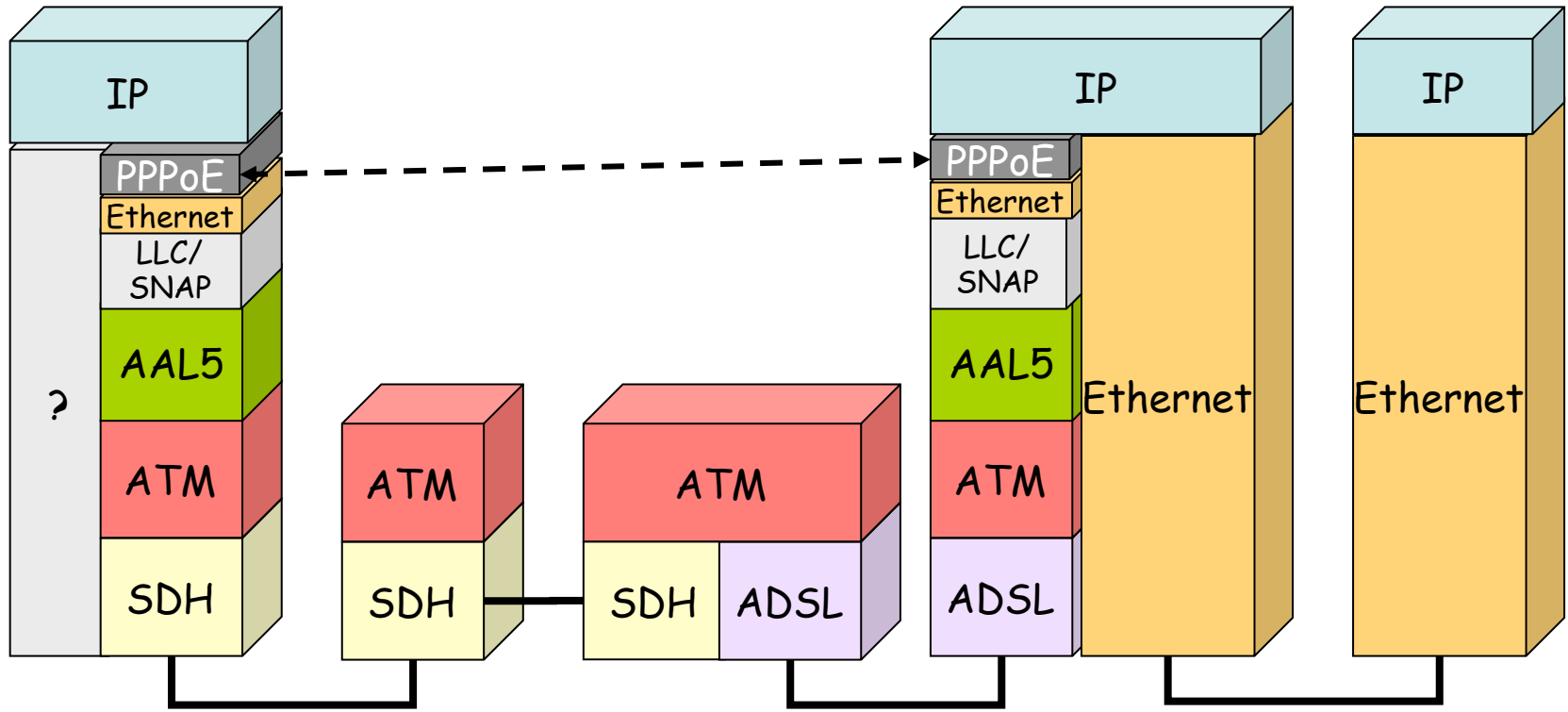
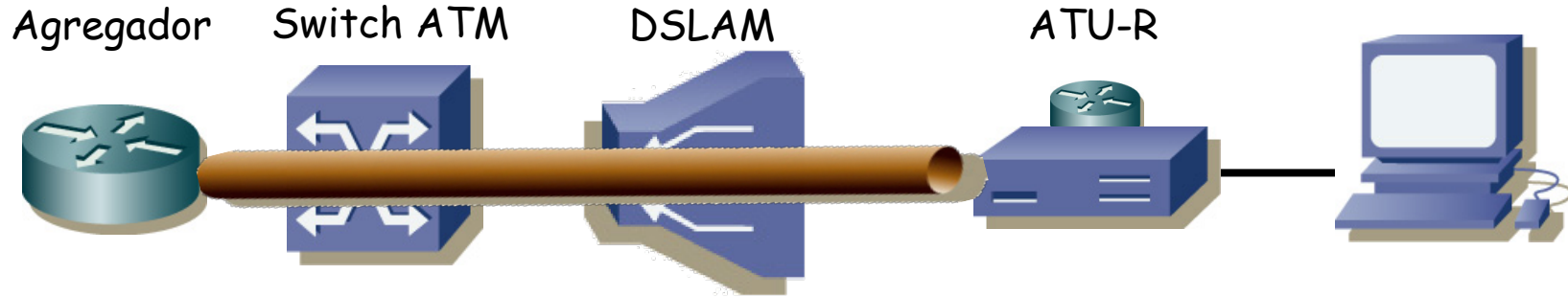


Tipos

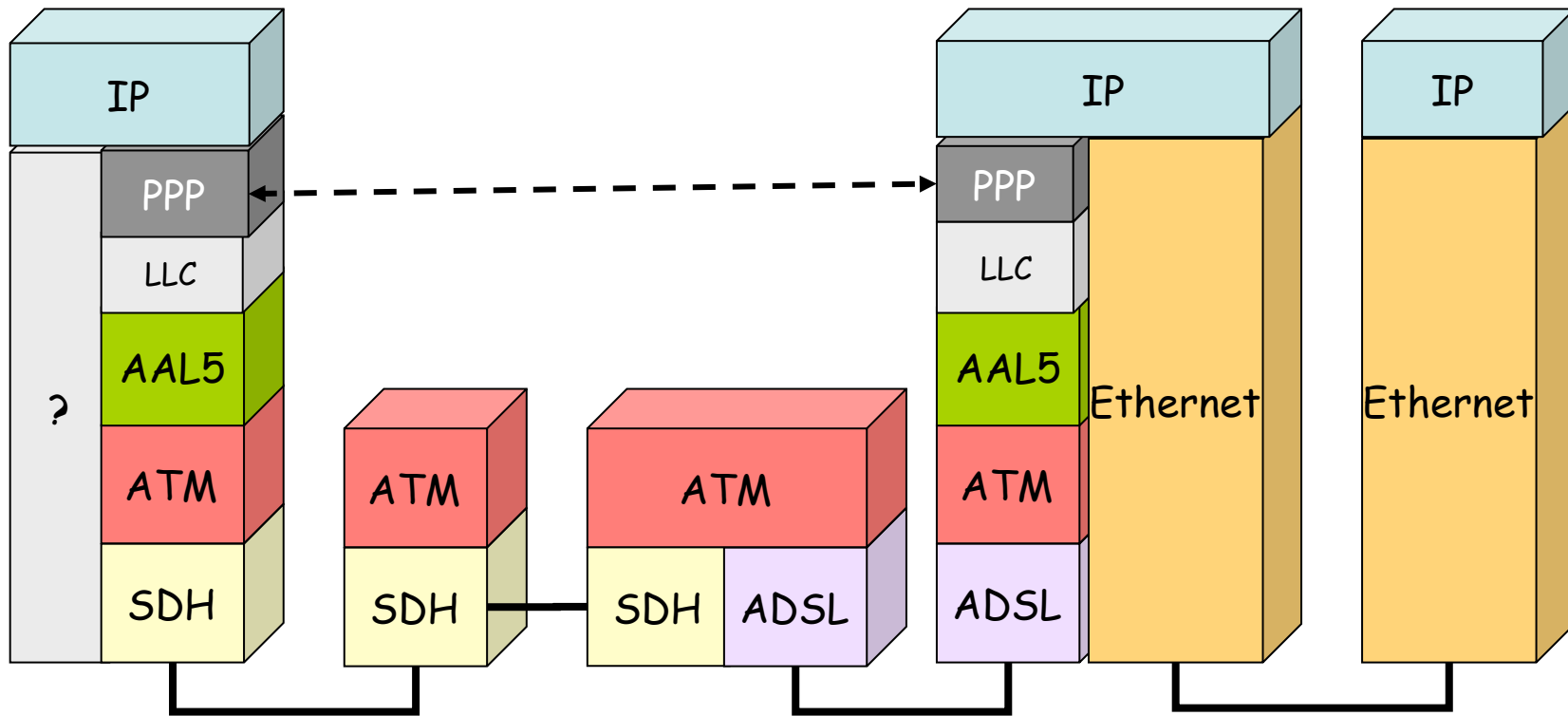
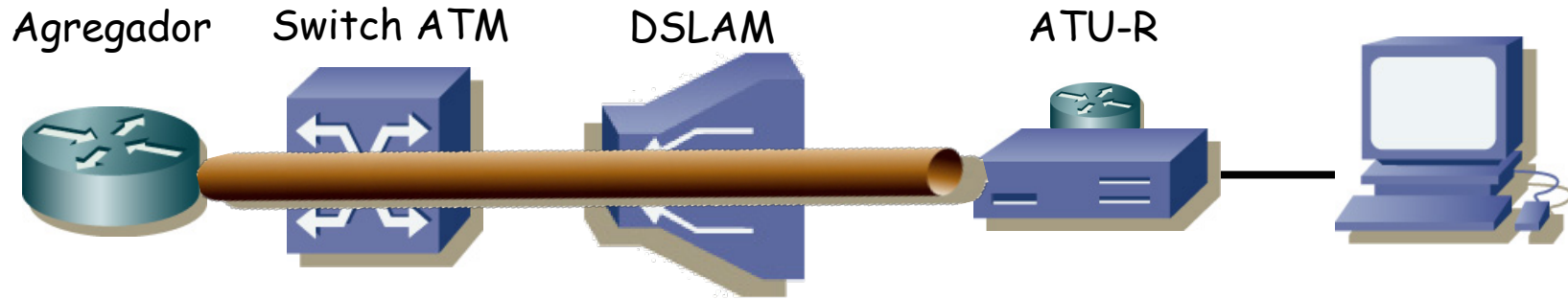
- Sobre par trenzado telefónico (*voice grade*) (*last/first mile*)
- Bucle diseñado para 4KHz
- Algunas tecnologías basadas en modems
- Cierta compatibilidad hacia atrás con telefonía vocal
- Otras emplean CSU/DSU (transmisión digital)
- No requiere un nuevo cableado al usuario (diferencia con HFC y FTTH)

Tecnología	Máx. Velocidad	Distancia	Medio	
HDSL	T1/E1	3,66Km	2-3 pares	Digital
SHDSL	Hasta 5.6Mbps ↑↓	3,66Km	1-2 pares	Digital
ADSL	1.5-6,1Mbps ↓ 16-640Kbps ↑	5,5Km	1 par	Analog.
ADSL2	8-12 Mbps ↓ 0,8-1Mbps ↑	2,5Km	1 par	Analog.
ADSL2+	24,5Mbps ↓ 1Mbps ↑	2,4Km	1 par	Analog.
VDSL VDSL2	55Mbps ↓ 30Mbps ↑ 100Mbps ↓↑	300m-1,4Km 2,5Km	1 par	Analog.

DSLAM ATM (PPPoE)

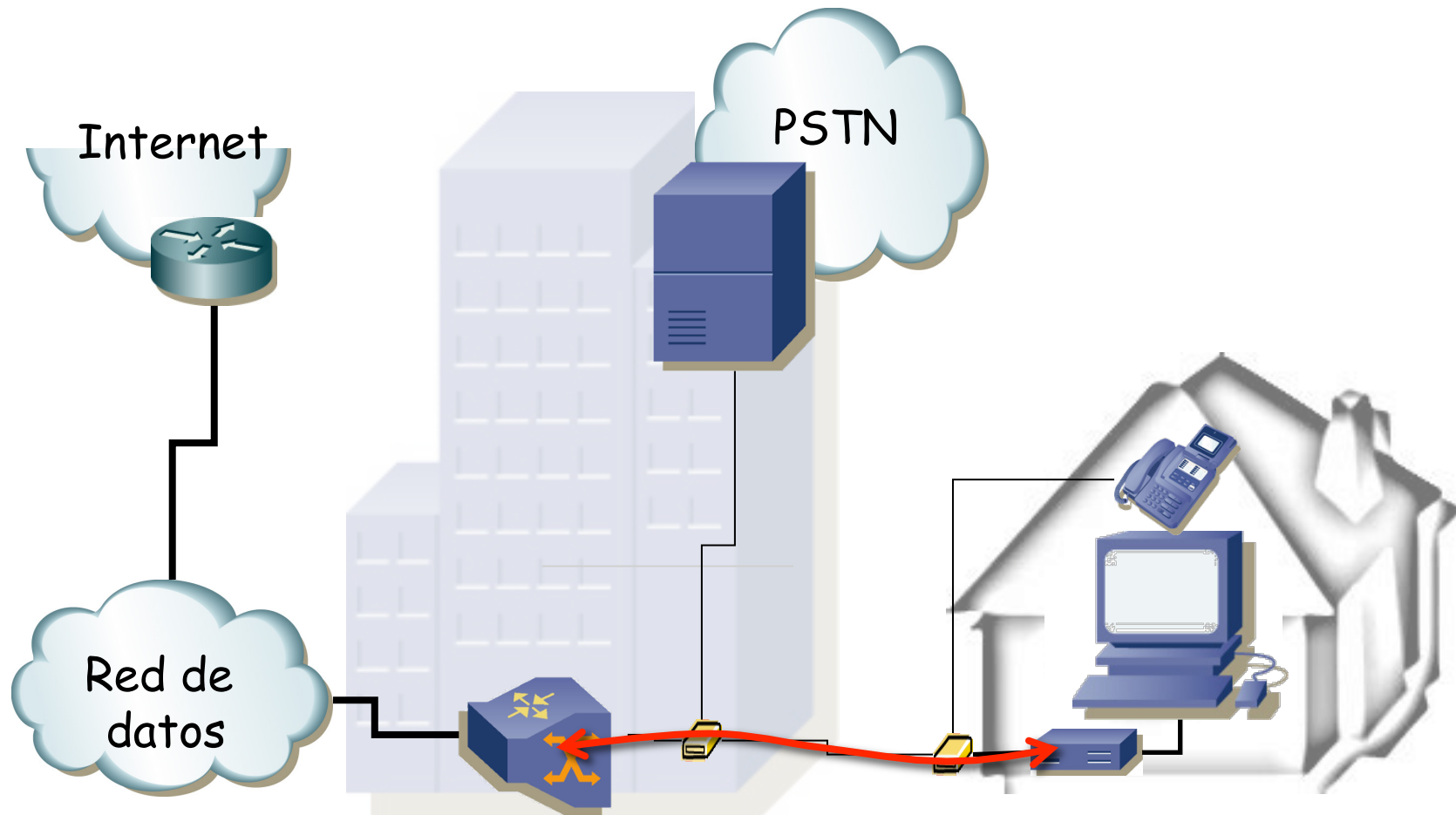


DSLAM ATM (PPPoA)



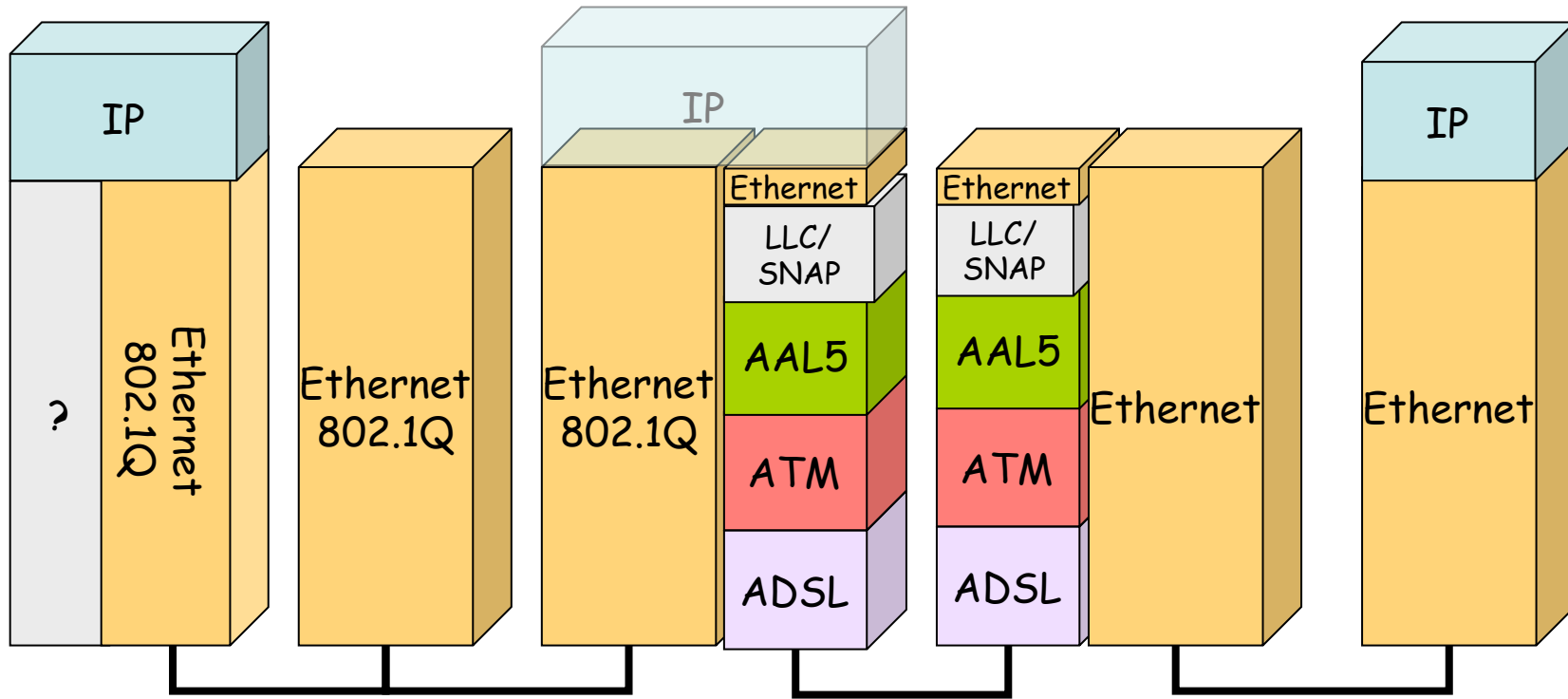
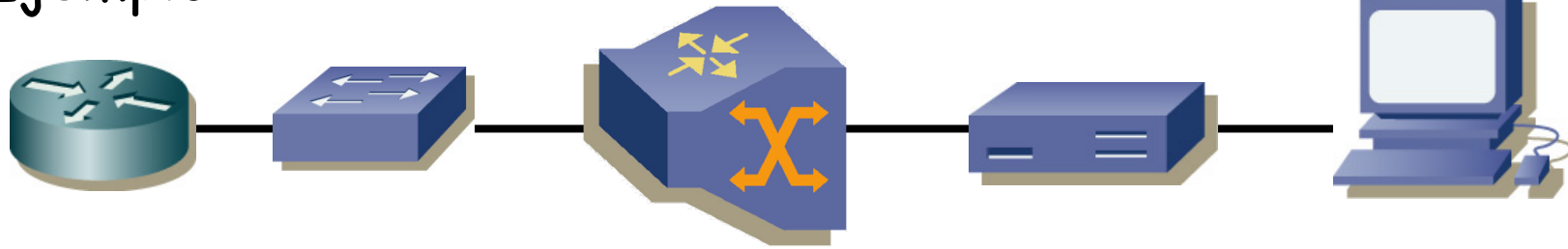
DSLAM IP

- Su interfaz de uplink no es ATM. Termina el PVC (...)
- Por ejemplo uplink Ethernet: cada usuario se mapea a una VLAN diferente



DSLAM IP

Ejemplo

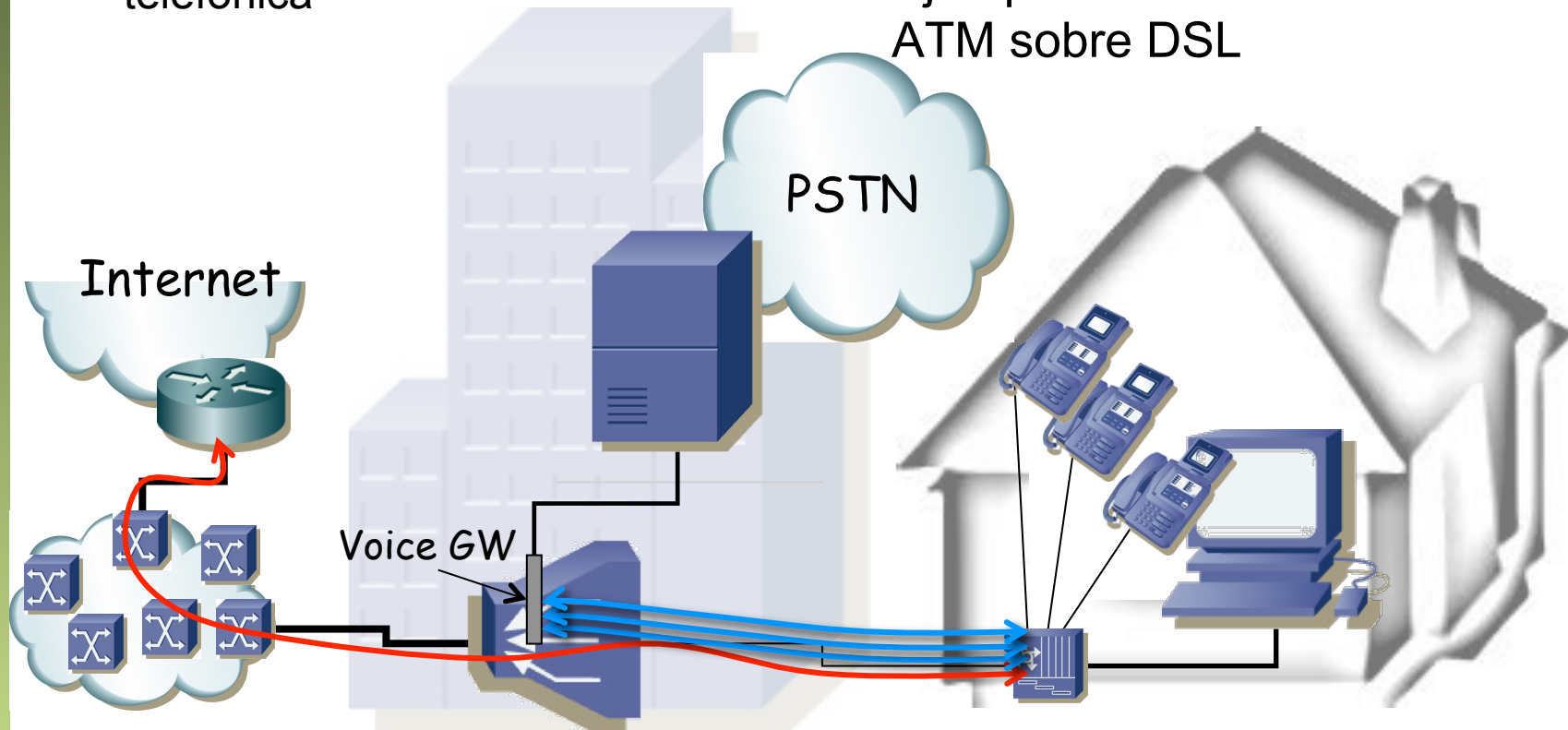


VoDSL

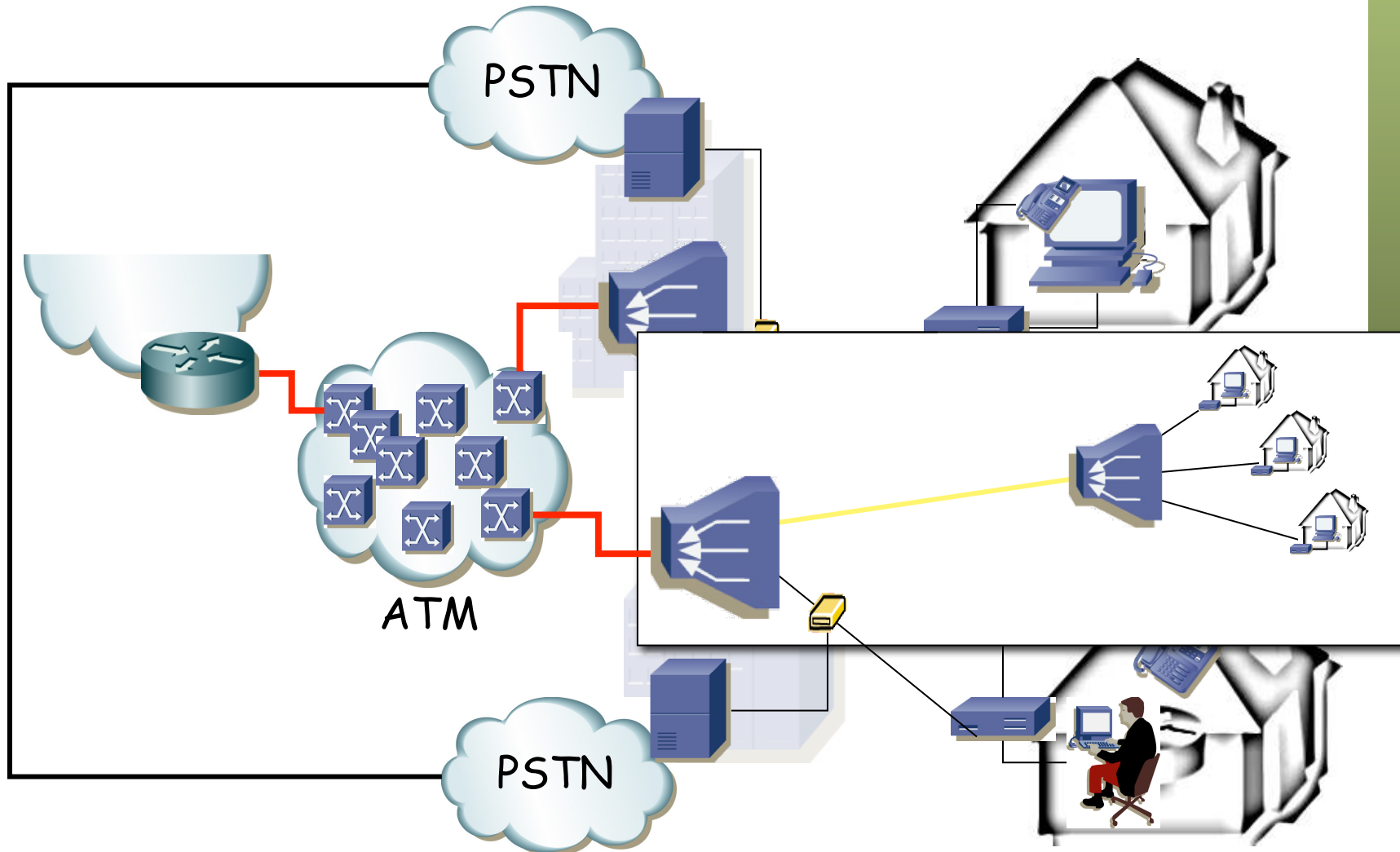
Voice over DSL

- Transporte de voz a la PSTN empleando la banda de DSL
- Permite telefonía en tecnologías que no soportan POTS
- Permite más de una línea telefónica

- Ejemplo:
 - ATM ADSL
 - PVC independiente para cada línea telefónica
 - AAL2, VBR-rt
- Ejemplo: Voz sobre IP sobre ATM sobre DSL

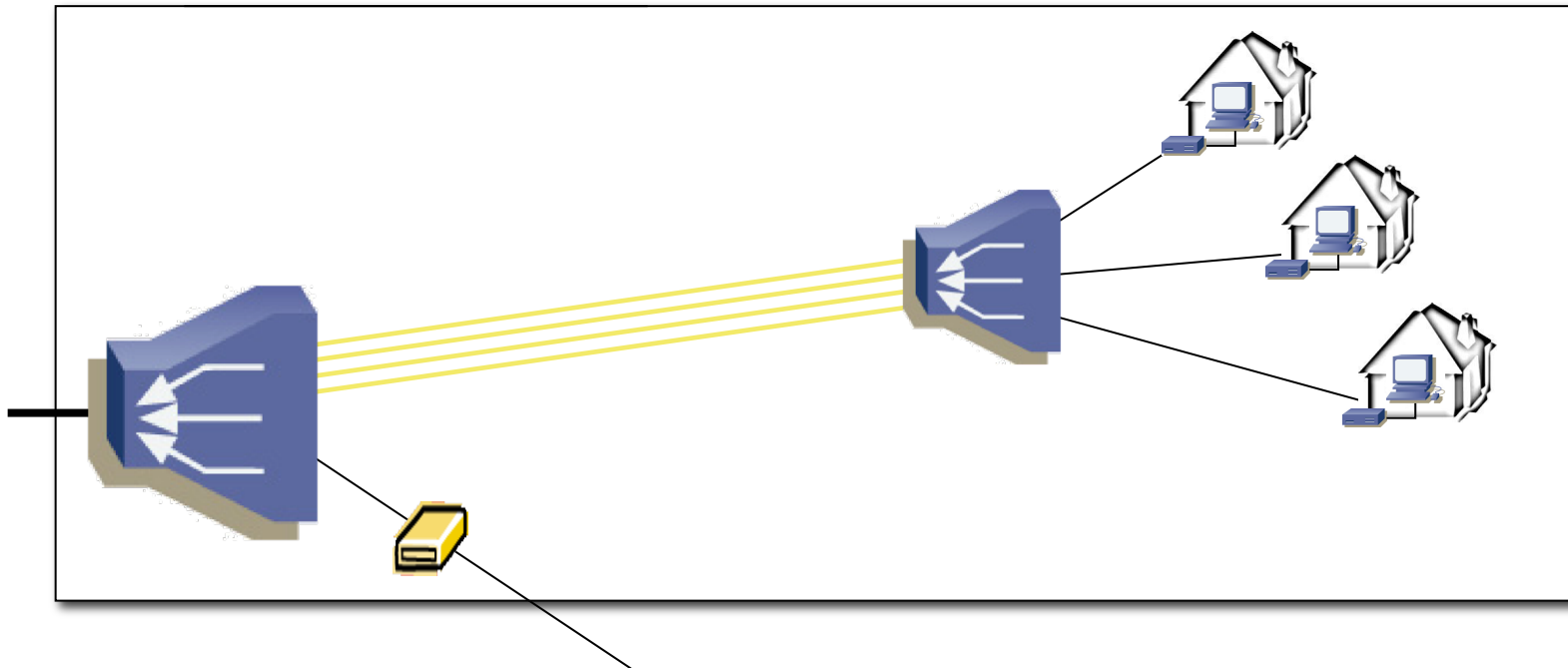


Ejemplo: Subtendido



Ejemplo: Subtendido

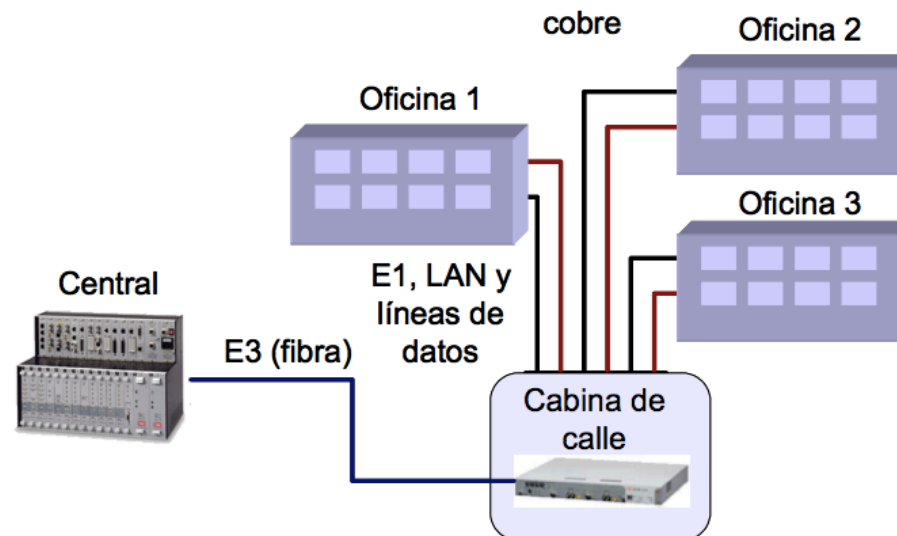
- Uplink desde el subtendido nxE1
- IMA



FTTx

Fibra

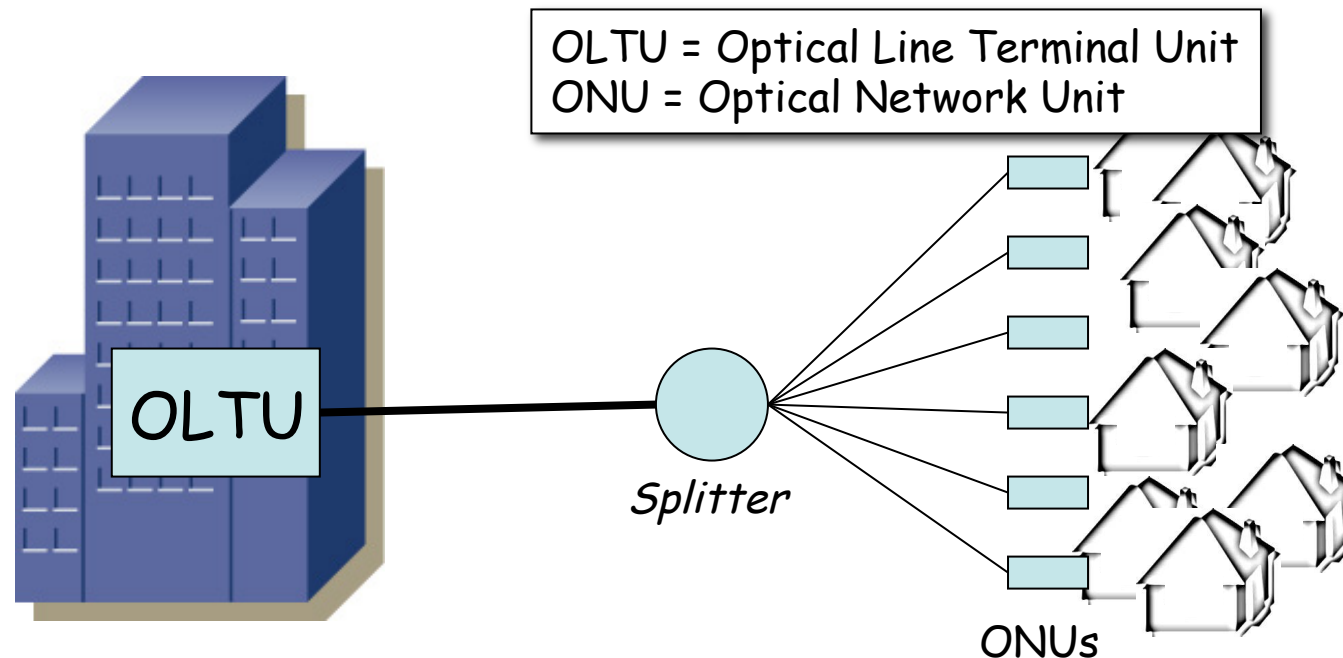
- FTTX = Fiber To The X
- Acercar la fibra al abonado
- FTTH = Fiber To The Home (hasta casa)
- FTTC = Fiber To The Curb (hasta la acera)
- FTTB = Fiber To The Building (hasta el edificio)
- FTTP = Fiber To The Premises
- FTTU = Fiber To The User
- FTTO = Fiber To The Office
- FTTCab = Fiber To The Cabinet
- Habitualmente en árbol
- Puede ser punto a punto



Fibra

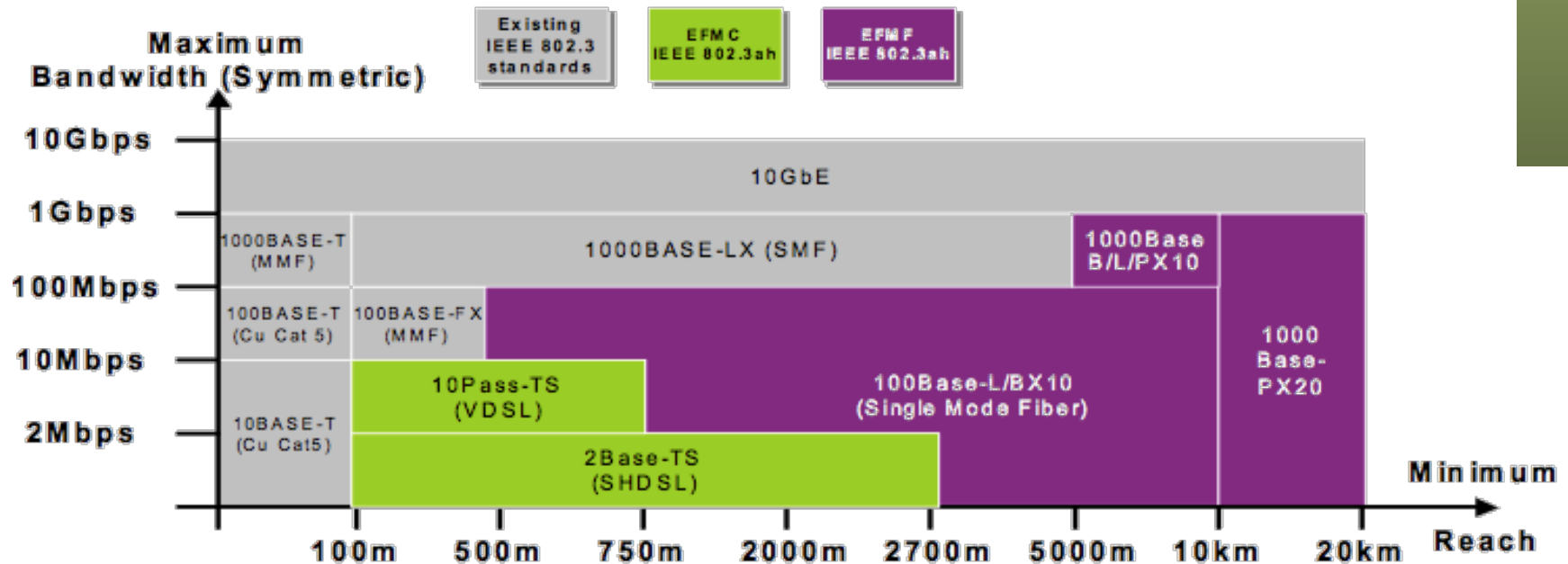
PON = Passive Optical Network

- E-PON: Ethernet PON (802.3ah): 1Gbps, 10-20Km, Ethernet
- A-PON: ATM PON (G.983.1): 155Mbps-1.2Gbps, 20Km, ATM
- B-PON: Broadband PON (G.983.3): 155Mbps-1.2Gbps, 20Km, ATM
- G-PON: Gigabit PON (G.984.1): 155Mbps-2.4Gbps, 10-20Km, Ethernet
- XG-PON: 10G PON (G.987): 2.4-10Gbps, 60Km
- NG-PON2



Ethernet in the First Mile

- 802.3ah (ya es parte de 802.3)
- EFMC: Ethernet in First Mile for voice-grade Copper
- EFMF: Ethernet in First Mile using point-to-point Fiber topology
- EFMP: Ethernet in First Mile using point-to-multipoint topology, based on Passive optical networks (PONs)



EFM sobre cobre

- Punto-a-punto, solo full-duplex
- *Voice grade copper*
- Los interfaces de ambos extremos son diferentes (CO side y CPE side) pero velocidad simétrica
- 2BASE-TL: 2Mb/s@2700m, mínimo 192Kb/s, máx 5.7Mb/s, basado en SHDSL
- 10PASS-TS: 10Mb/s@750m, basado en VDSL
- Son mínimos, equipos comerciales suelen soportar valores superiores

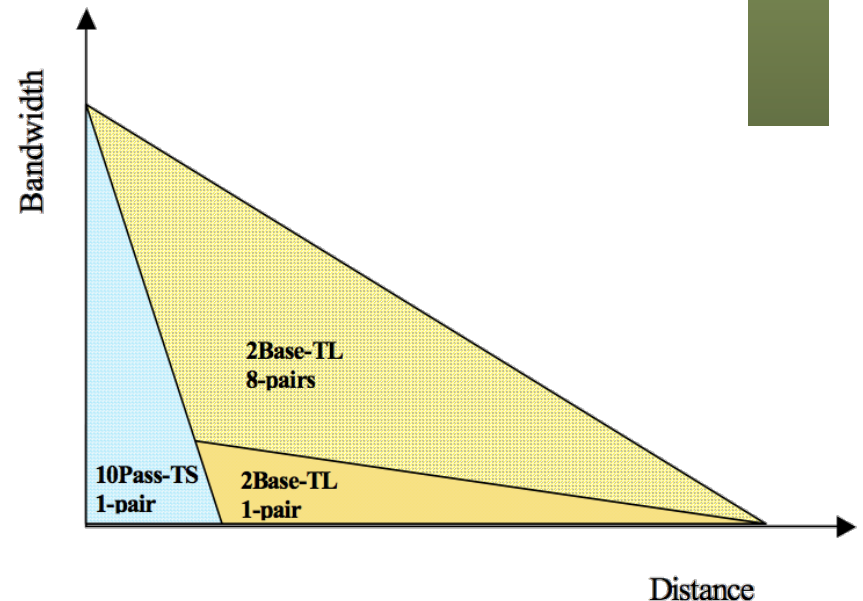
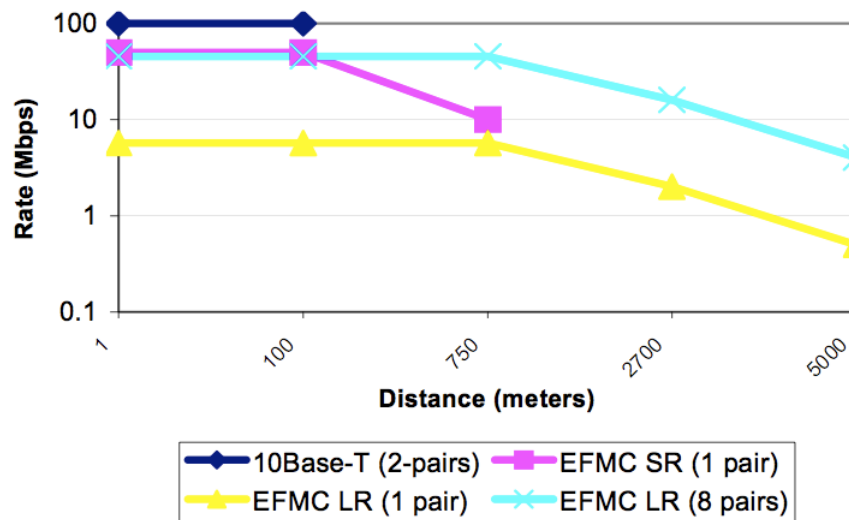
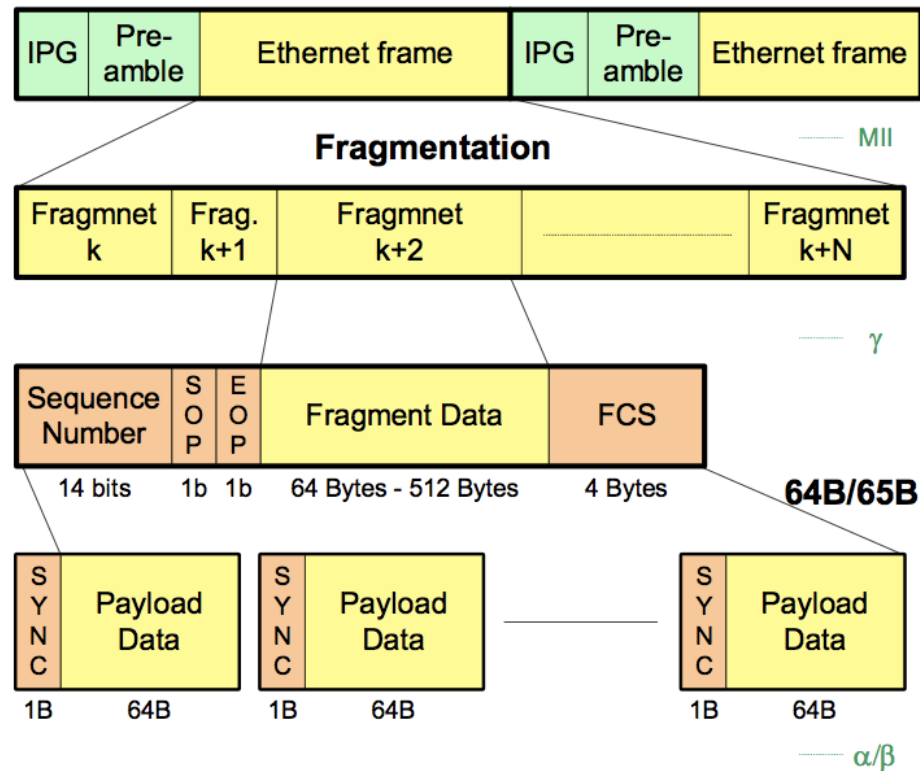


Figure 1: Distances and bandwidth for 10BASE-T, EFMC SR and EFMC LR

Sobre Cobre

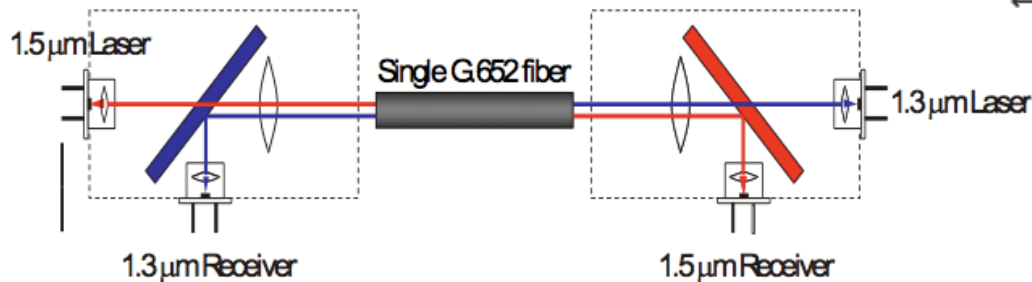
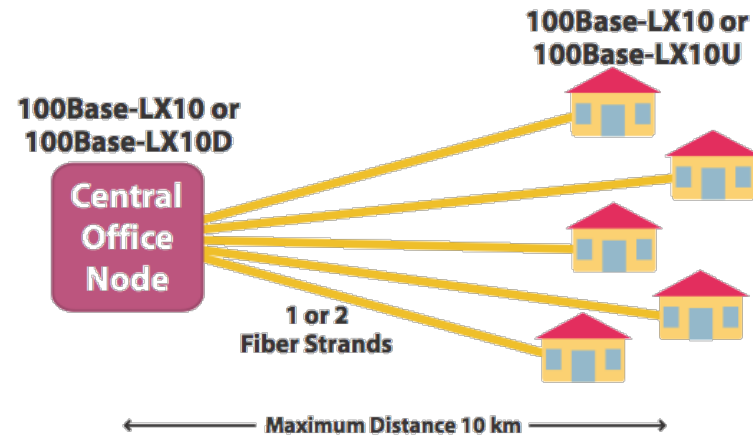
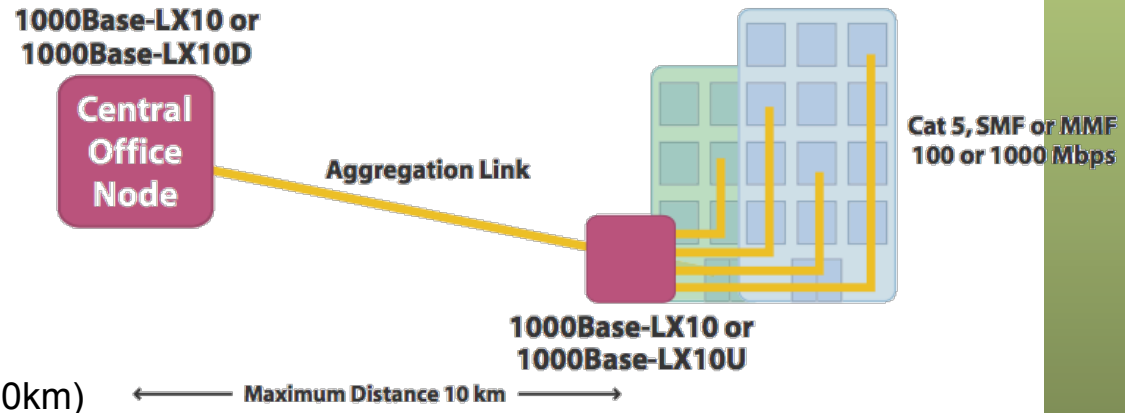
- Conectables a otras Ethernet mediante puentes
- Puede usar *bonding*
- Mecanismos OAM
 - Monitorizar estado del enlace
 - Emplea OAMPDUs que se multiplexan con las de datos
 - Entre subnivel MAC y LLC



EFM sobre fibra

Punto-a-punto:

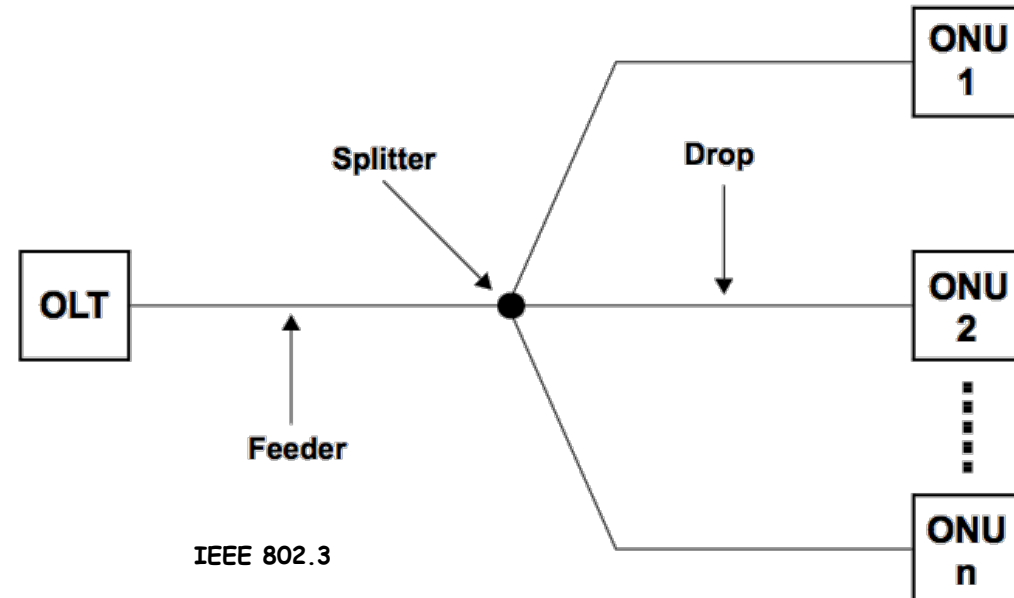
- 100Mb/s y 1000Mb/s
- 100BASE-LX10:
 - Dos SMF (10km)
- 100BASE-BX10:
 - Una SMF
 - Diferente λ cada sentido (10km)
- 1000BASE-LX10:
 - Dos SMF (10km) o dos MMF (550m)
- 1000BASE-BX10:
 - Una SMF (10km)



EFM sobre fibra

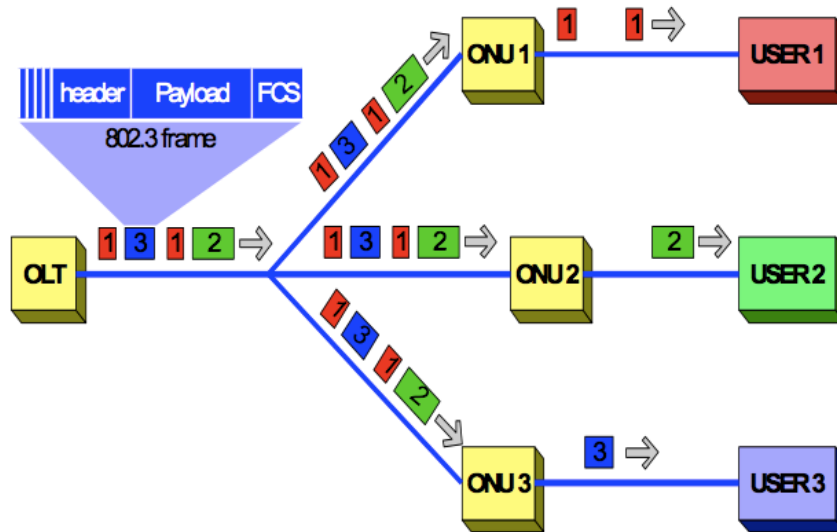
EPON:

- Punto-a-multipunto pasiva
 - Full-duplex
 - Diferente λ uplink y downlink
 - Los interfaces extremos son diferentes (*CO side* y *CPE side*)
 - 1000BASE-PX10:
 - Monomodo, 10km
 - 1000BASE-PX20:
 - Monomodo, 20km
 - Al menos 1:16
- OLT controla cuándo pueden transmitir las ONUs
 - MAC
 - Modificado para p2mp
 - No CSMA/CD
 - MPCP (Multi-Point Control Protocol)



Sobre Fibra

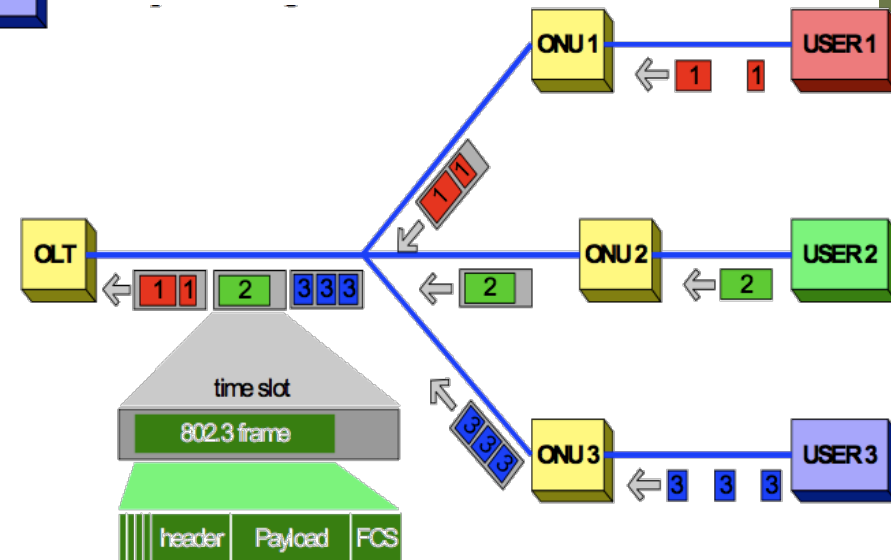
Downstream



Upstream

- TDMA

- *Discovery processing*: Descubrimiento de ONUs
- *Report procesings*: peticiones de BW de ONU a la OLT
- *Gate processing*: asignación de tiempos para transmitir en uplink



Tramas de control MPCP

- Mismo tipo de tramas que para flow-control con 802.3x
- Ethertype 0x8808
- Campo de 2 bytes para indicar la función de control concreta

Table 31A-1—MAC Control opcodes

Opcode (Hexadecimal)	MAC Control function	Specified in	Value/Comment	Timestamp ^a
00-00	Reserved			
00-01	PAUSE	Annex 31B	Requests that the recipient stop transmitting non-control frames for a period of time indicated by the parameters of this function.	No
00-02	GATE	Clause 64	Request that the recipient allow transmission of frames at a time, and for a period of time indicated by the parameters of this function.	Yes
00-03	REPORT	Clause 64	Notify the recipient of pending transmission requests as indicated by the parameters of this function.	Yes
00-04	REGISTER_REQ	Clause 64	Request that the station be recognized by the protocol as participating in a gated transmission procedure as indicated by the parameters of this function.	Yes
00-05	REGISTER	Clause 64	Notify the recipient that the station is recognized by the protocol as participating in a gated transmission procedure as indicated by the parameters of this function.	Yes
00-06	REGISTER_ACK	Clause 64	Notify the recipient that the station acknowledges participation in a gated transmission procedure.	Yes
00-07 through FF-FF	Reserved			

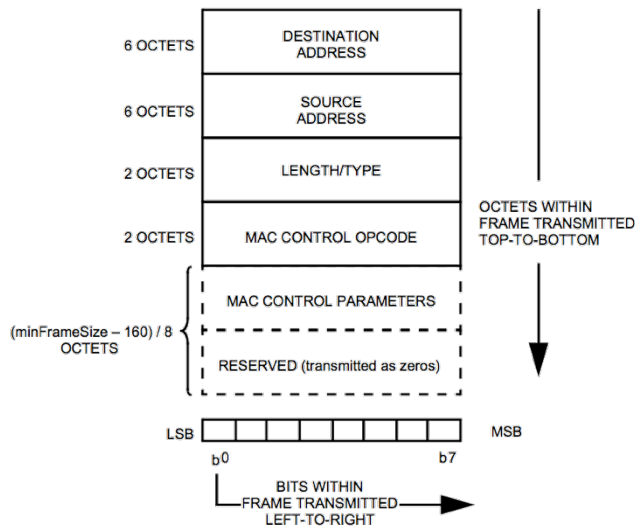
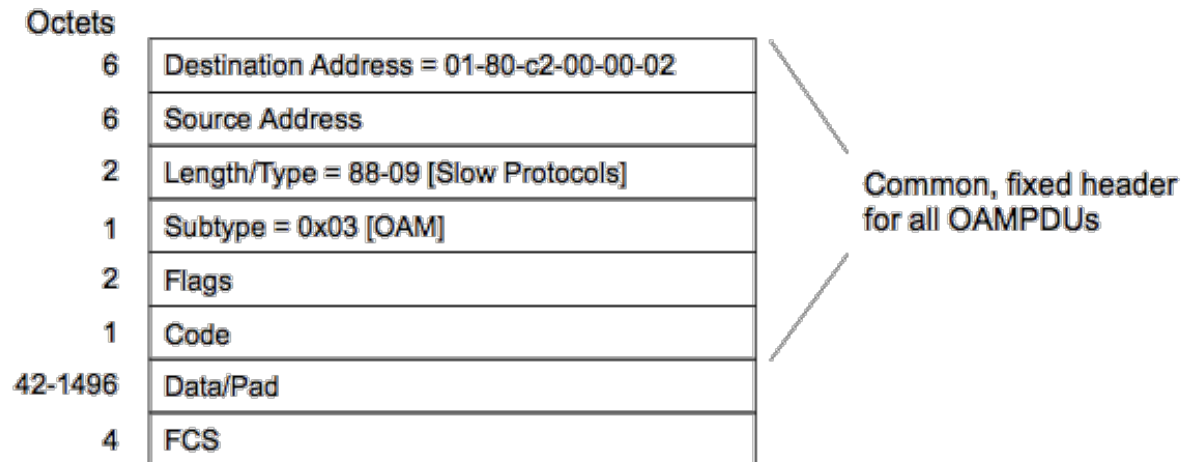


Figure 31-3—MAC Control frame format

^aThe timestamp field is generated by MAC Control and is not exposed through the client interface.

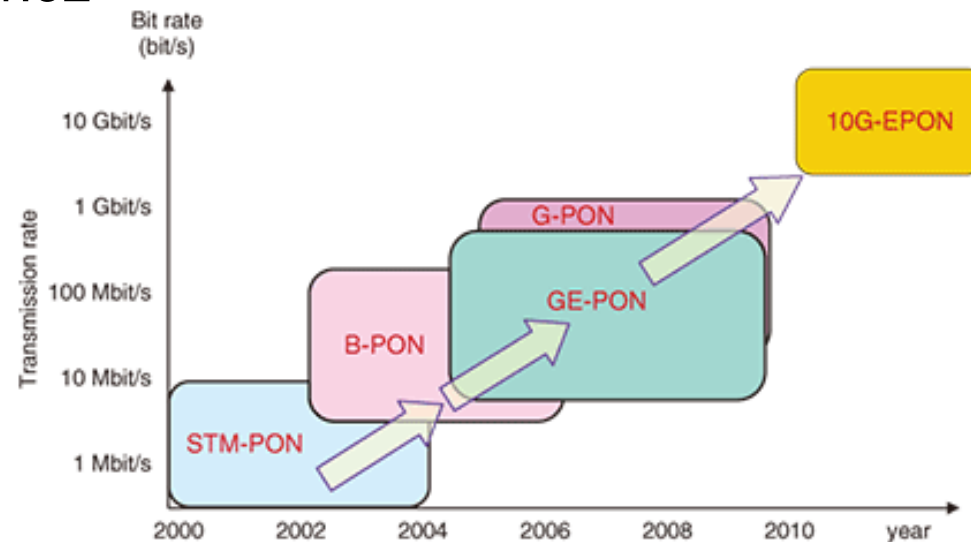
Ethernet OAM

- Operation, Administration and Maintenance
- 802.3ah, opcional
- Compatible con cualquier Ethernet full-duplex
- Objetivos:
 - *Remote failure indication*
 - Indicar al otro extremo que el camino de recepción del DTE local no funciona
 - *Remote loopback*
 - *Link monitoring*
- OAMPDU
 - MAC Destino reservada, filtrada
 - Ethertype 0x8809 (Slow Protocols)



10G-EPON

- 802.3av-2009
- Modificación a 802.3-2008
- Extiende EPON:
 - 10Gbps simétricos
 - 10Gbps downstream y 1Gbps upstream
 - Compatible con 1Gbps EPON: Cambia capa física, no MAC
 - Al menos 10 y 20Km (según velocidad)
 - Split ratio de 1:16 y 1:32

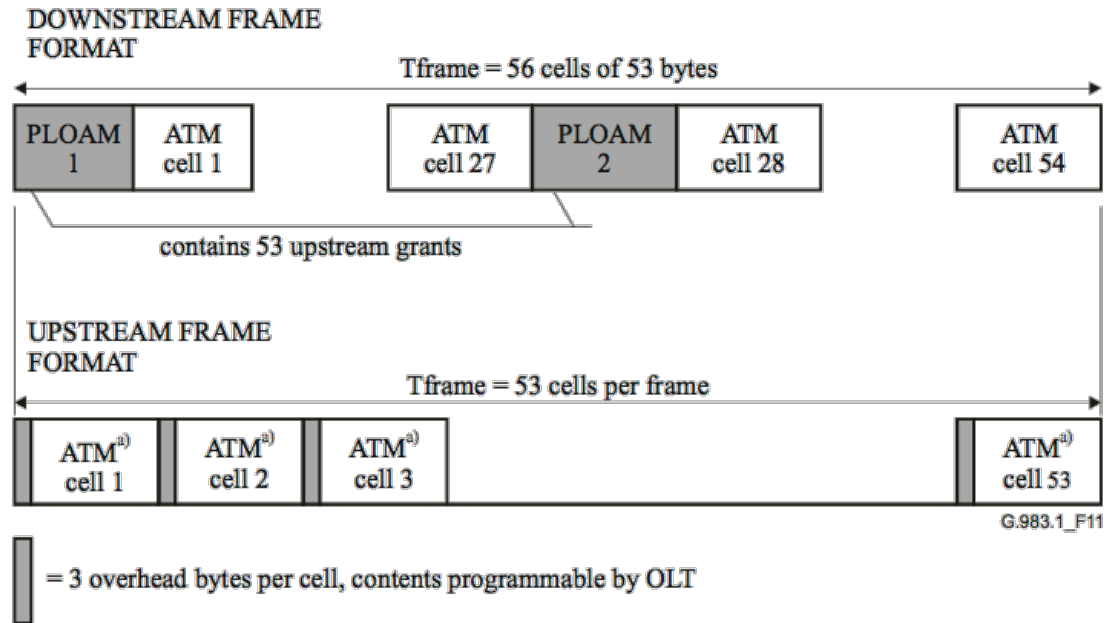


B-PON

- *Broadband PON*
- G.983.x
- Downstream line rates: 155.52, 622.08 y 1244.16 Mbps
- Upstream line rates: 155.52 y 622.08 Mbps
- Simétricos o asimétricos (todas las combinaciones con downstream \geq upstream)
- Fibra monomodo (un par o una sola con WDM - *diplex*)
- Split ratio de al menos 1:16 ó 1:32
- Upstream TDMA
- Frame es básicamente un conjunto de celdas ATM (mayor número a mayor velocidad)

B-PON

- Frame es básicamente un conjunto de celdas ATM (mayor número a mayor velocidad)
- Intercala celdas PLOAM (*Physical Layer OAM*)
- “Churning” en el downstream para conexiones punto-a-punto empleando clave enviada por la ONU (al menos 1 por segundo) (evitar que una ONU lea el flujo de otra)



^{a)} Any ATM cell slot can contain an upstream PLOAM or divided slot rate controlled by the OLT.

NOTE – ATM cells are transmitted in the order of ascending cell numbers.

Figure 11/G.983.1 – Frame format for 155.52/155.52-Mbit/s PON

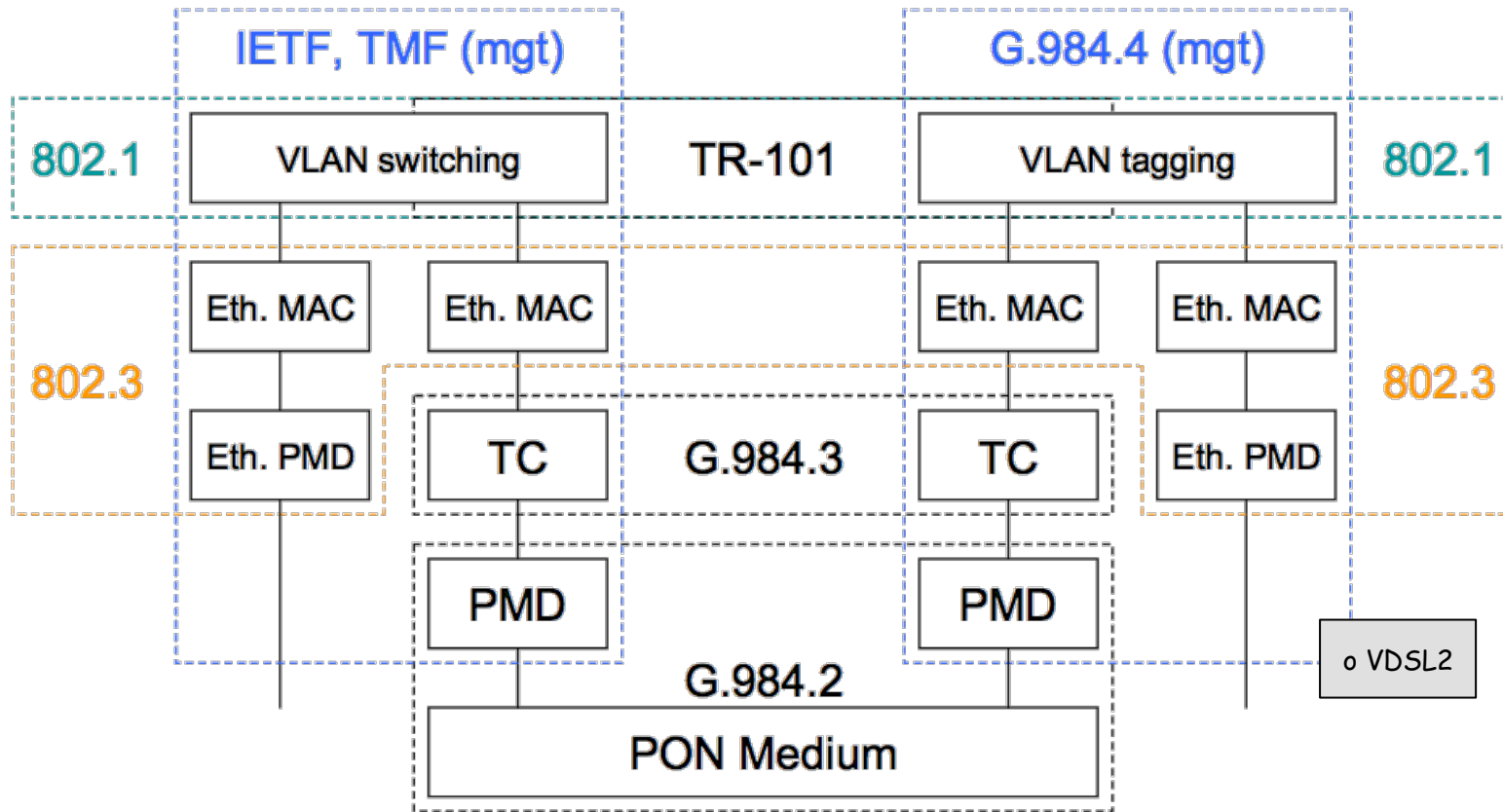
G-PON

- *Gigabit-capable Passive Optical Networks*
- G.984.x
- Downstream 2.4 Gbps
- Upstream 1.2 ó 2.4 Gbps (simétrico o asimétrico)
- Máxima distancia de 10-20 Km (aceptaría hasta 60 Km)
- Considera split-ratio de 1:64 ó 1:128
- Empleando una fibra única o un par
- Upstream TDMA
- Soporta transporte de ATM
- También encapsulado GEM
 - G-PON Encapsulation Method (no ATM)
 - Transporte orientado a conexión
 - Tramas de tamaño variable (por ejemplo Ethernet)
 - Soporta fragmentación
 - Varias clases de servicio
- Puede transportar flujos TDM (de varias formas)



G-PON

- Ejemplo



G.984.1 **Figure I.11 – Ethernet data service**

XG-PON

- *10-Gigabit-capable Passive Optical Network*
- También llamado NG-PON1 o XG-PON1
- G.987.x
- Downstream 10 Gbps
- Upstream 2.4 Gbps
- Compatible con G-PON (diferentes wavelengths)
- Encapsulado XGEM (puede transportar por sobre él Ethernet o MPLS)
- Hasta 60 Km



NG-PON2

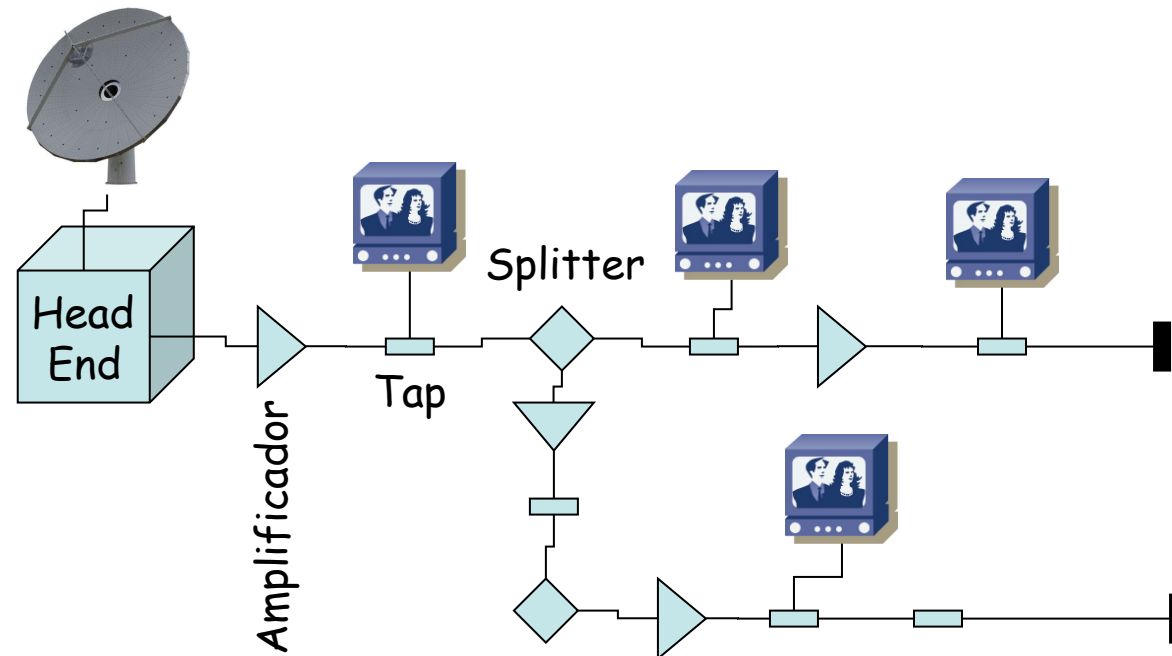
- *40-Gigabit-capable Passive Optical Network*
- G.989.1 (marzo-2013) “General requirements”
- G.989.2 (diciembre 2014) “Physical Media Dependent layer specification”
- Mezcla de TDM y WDM, por lo que se le llama TWDM PON
- Básicamente 4 XG-PON empleando 4 longitudes de onda
- Downstream 40 Gbps (agregado)
- Upstream 10-40 Gbps (agregado)
- Hasta 60Km
- Split ratio de al menos 1:256
- G.989.3 las modificaciones a la capa de convergencia (Transmission Convergence) de G.987.3 publicada en julio de 2016



Otras tecnologías de acceso cableadas

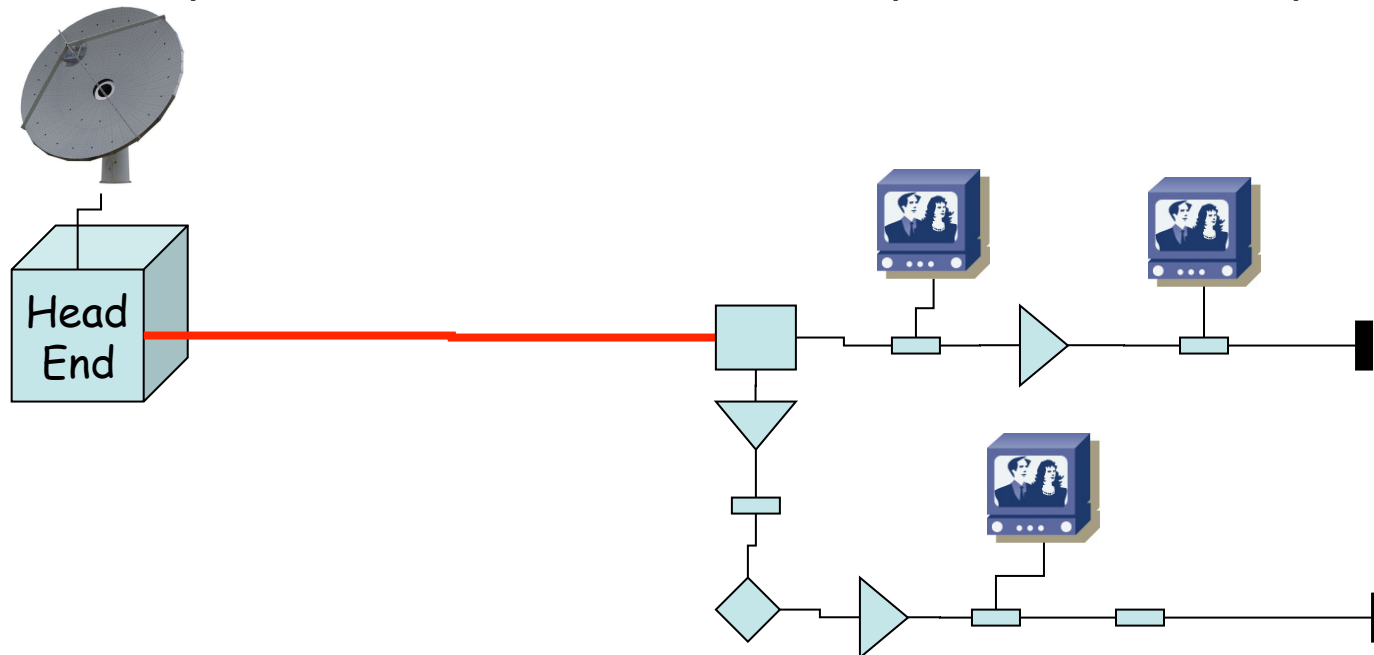
Cable: TV

- Red CATV (Community Antenna TeleVision)
- En principio para resolver problemas de recepción en edificios
- Posteriormente auge al introducir canales enviados por satélite
- Añade acceso condicional (PPV) con RTB como canal de retorno
- FDM, canales de TV de 6-8MHz en 50-550MHz
- Posteriormente introducción de la TV digital
- Y de la tecnología óptica: HFC (Hybrid Fiber Coaxial)



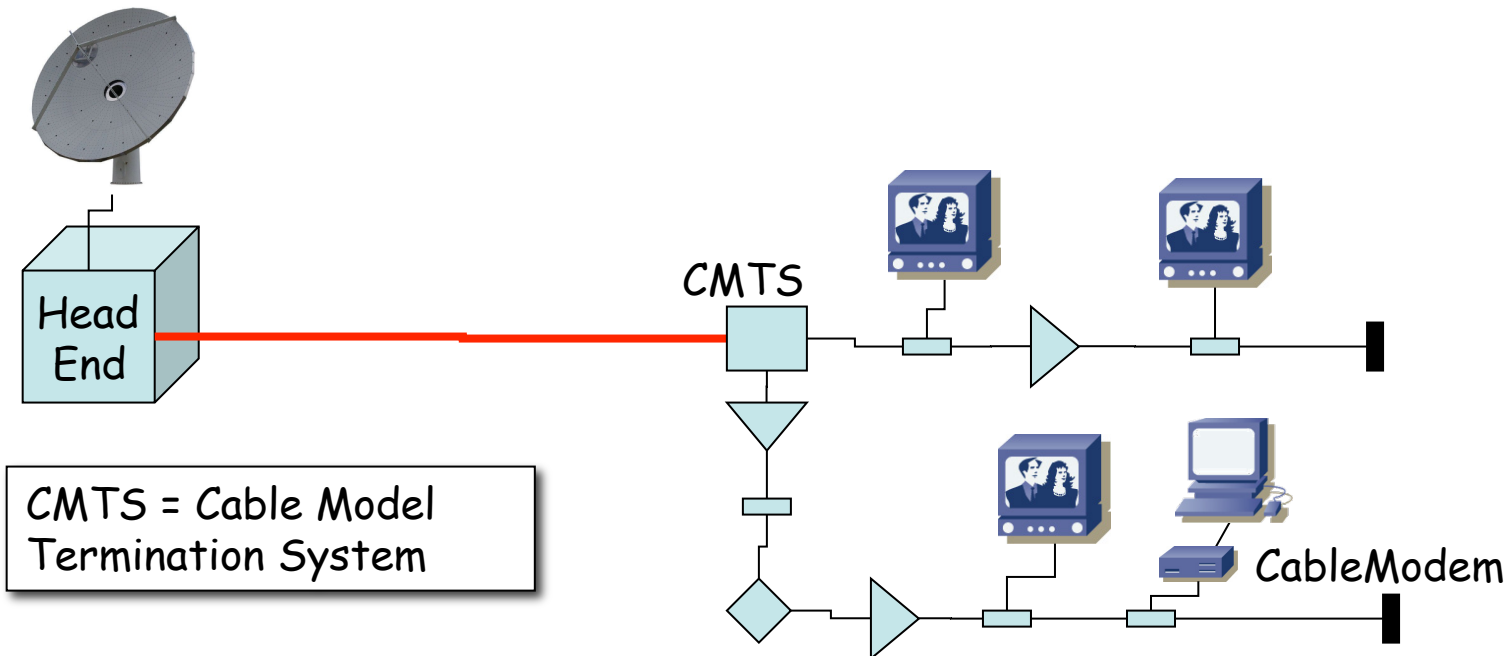
Cable: TV

- Canal de retorno por el mismo coaxial
- Transmisión desde el usuario en la banda 5-50 MHz
- Con TV digital el transporte por fibra puede ser por ejemplo SDH
- Se puede transportar también telefonía mediante soluciones propietarias (no está normalizado)
- Por ejemplo 30 canales TDM compartidos entre los abonados que dependen de un mismo conversor óptico-eléctrico
- Aunque en ocasiones se han tendido pares de cobre en paralelo



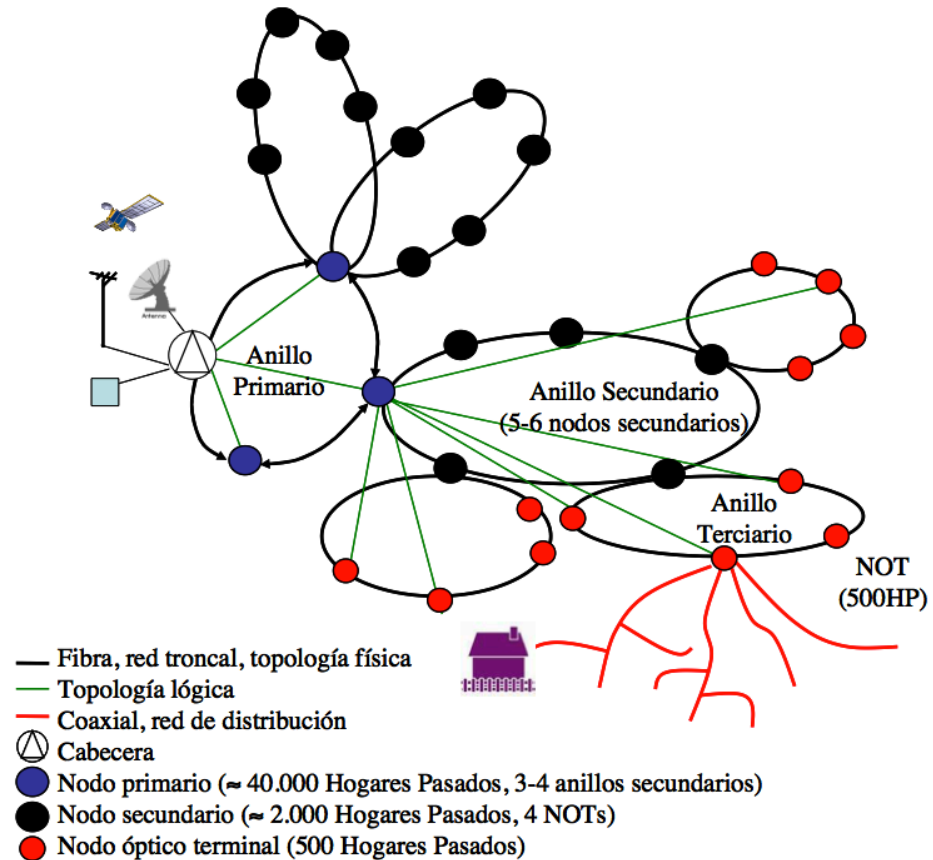
Cable: Datos

- Upstream 5-50 MHz, downstream 550-860 MHz
- DOCSIS = *Data Over Cable Service Interface Specification*
- De consorcio CableLabs pero aceptado por ITU y ETSI
- Especifica nivel físico y MAC
- Encapsulado MPEG
- Downstream: 30-50Mbps, Upstream: 10-30Mbps, por portadora
- Permite *channel bonding*



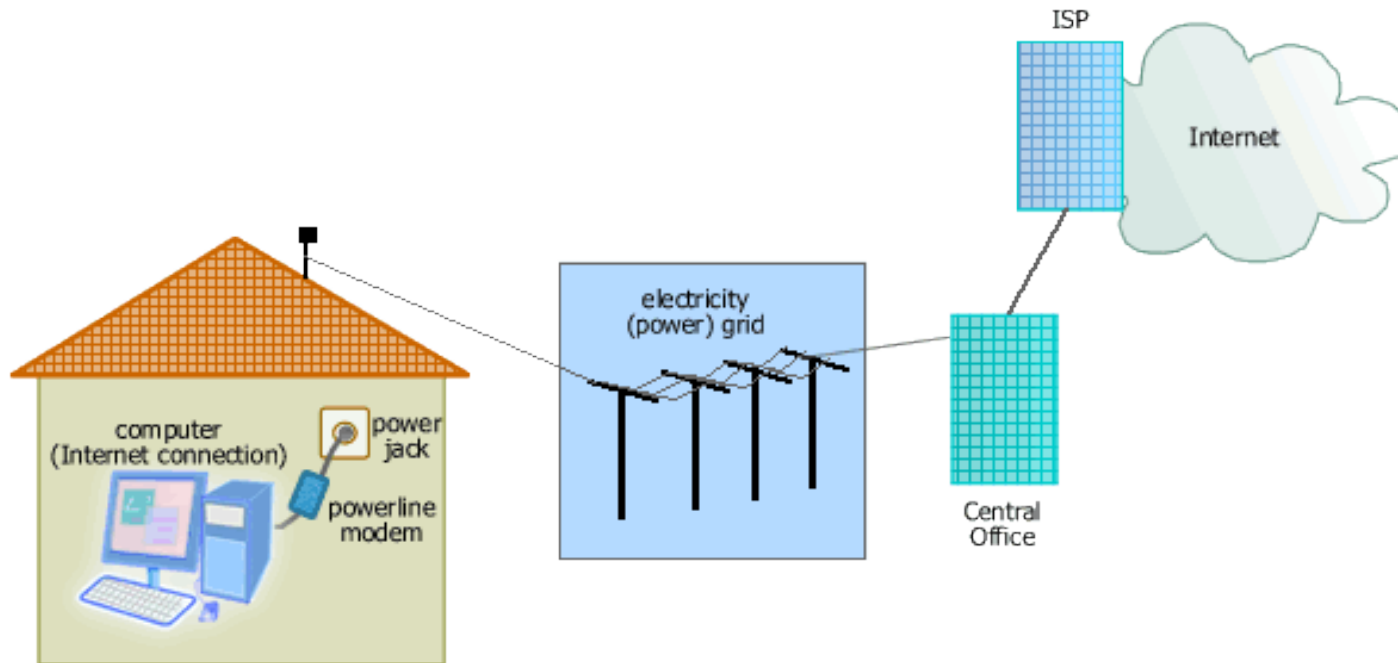
Cable: red troncal

- Un nodo primario atiende áreas de entre miles y decenas de miles de abonados
- Un nodo primario sirve a 3-4 anillos secundarios
- En un anillo secundario hay 5-6 nodos secundarios
- Un nodo secundario da servicio a unos 2000 hogares



PLC

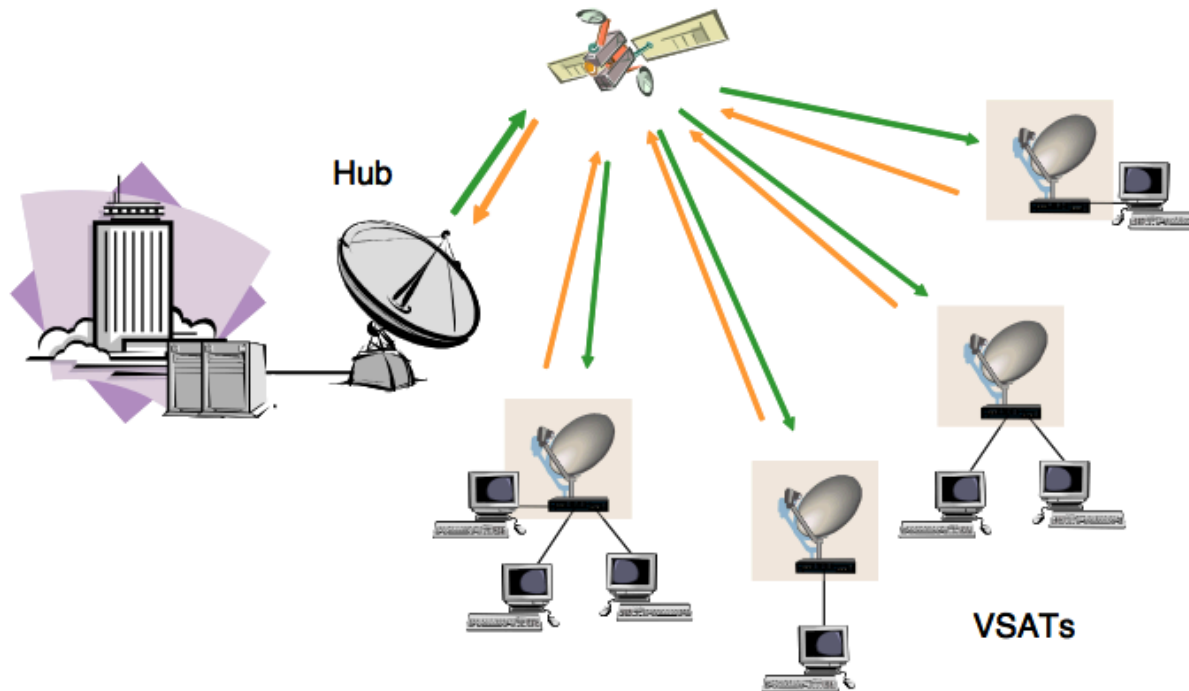
- Power Line Communications
- Señal eléctrica es de 50-60Hz y gran amplitud
- Datos en frecuencias superiores



Tecnologías de acceso inalámbricas

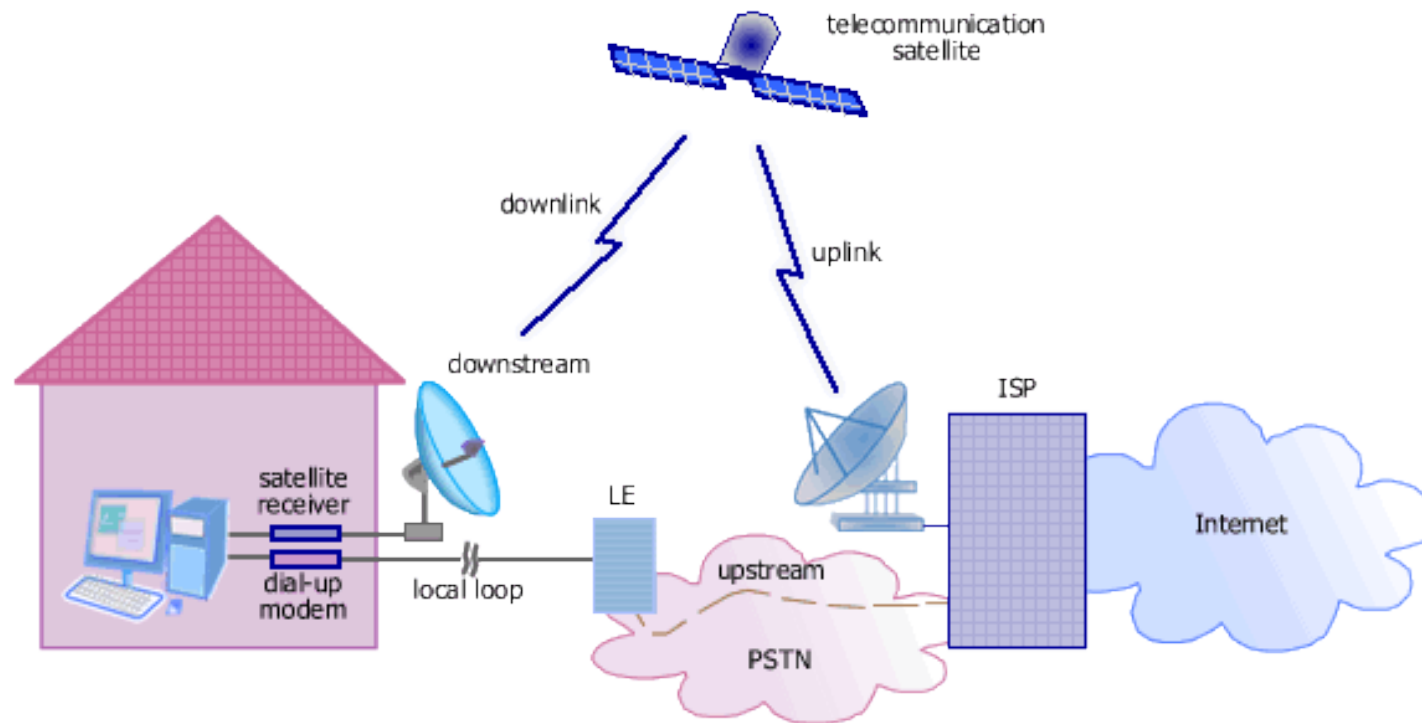
Satélite

- Inicialmente transpondedores (repetidores radio)
- Comunicación bidireccional en soluciones VSAT (Very Small Aperture Terminal)
- Amplia cobertura y rápida instalación
- Decenas o centenares de Mbps en sentido descendente
- Ha evolucionado para incluir conmutación a bordo



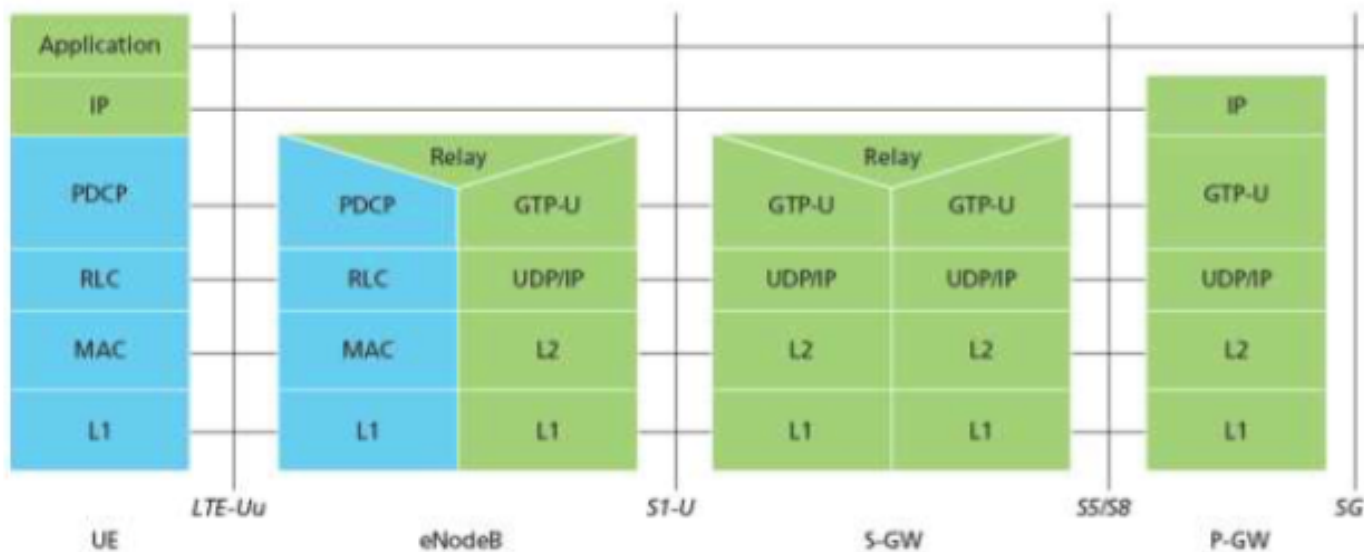
Satélite

- En acceso doméstico, tradicionalmente *upstream* por otra tecnología, aunque también se puede hoy en día por satélite



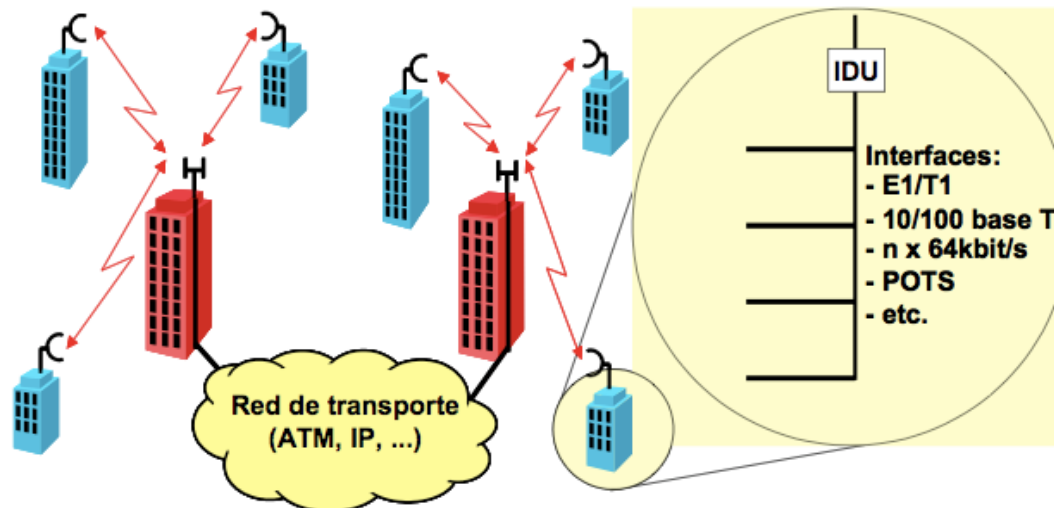
Comunicaciones móviles celulares

- 1G analógica
- 2G digital, en Europa GSM, datos en modo circuito a 9600 bps
- Extensiones 2.5G, por ejemplo GPRS (*General Packet Radio Service*) o EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*)
- 3G UMTS en Europa (especificado por el 3GPP)
- Extensiones 3.5G HSDPA, HSUPA
- Equipos interconectados mediante red ATM
- LTE evolución a una red enteramente IP, incluido VoIP



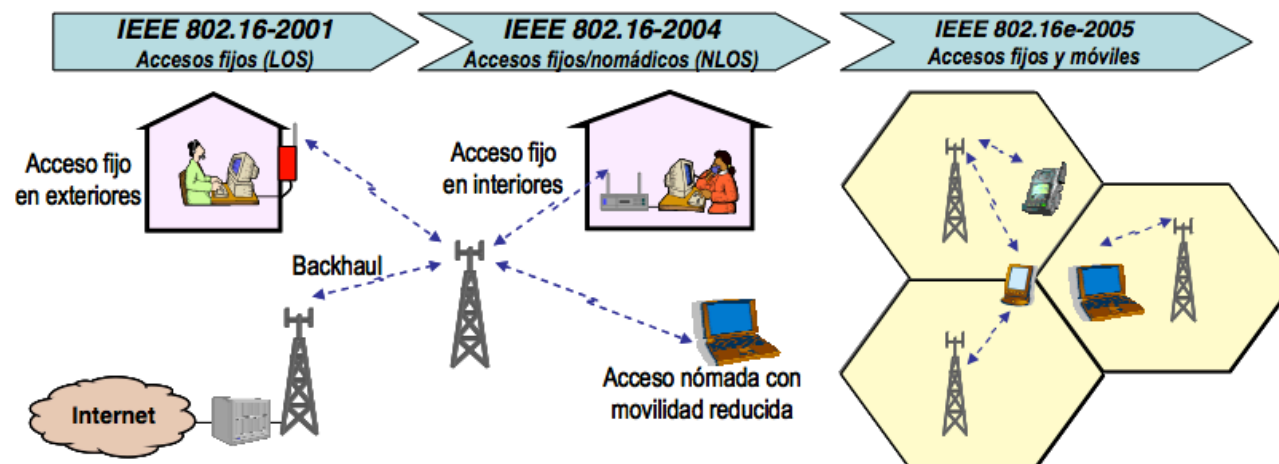
Fixed Wireless

- Microondas
- Varias frecuencias y anchos de banda
- Velocidad y distancia con relación inversa
- MMDS = Multichannel Multipoint Distribution Service
 - 10Mbps, 55Km
- LMDS = Local Multipoint Distribution Service
 - 150+Mbps, 5Km
- LMDS y MMDS soluciones propietarias



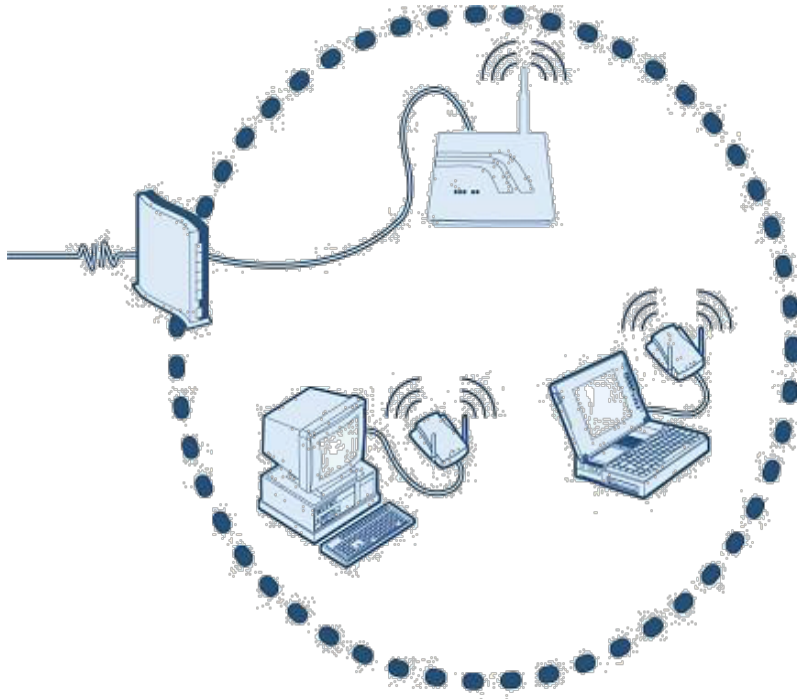
IEEE 802.16

- Acceso inalámbrico de banda ancha en entornos metropolitanos
- WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es un programa del WiMAX Forum
- Ha evolucionado de requerir visión directa a no quererirla
- 802.16e soporta movilidad (<120Km/h) y roaming
- Diferentes versiones en diferentes bandas (2-11 GHz, 10-66GHz)
- 15-100 Mbps (diferentes versiones y BWs)
- De 1.5 a 50Km (según versiones)
- Se ve afectada por fenómenos atmosféricos en bandas altas



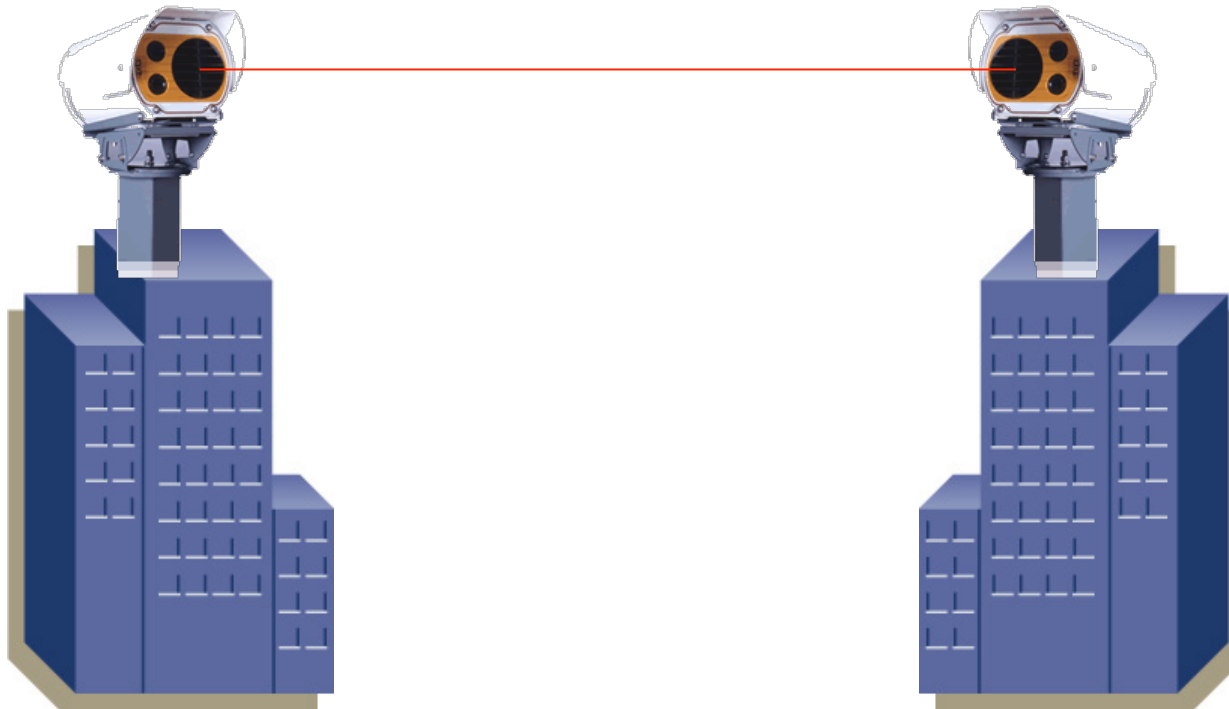
Wi-Fi

- WISP (Wireless Internet Service Provider)
- Corta distancia
- 802.11n, 802.11ac
- Banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*)
- Terminales 3G+Wi-Fi con posibilidad de cursar llamada por ambos



FSO

- *Free Space Optics*
 - BW muy superior (10Mbps a 2.5Gbps)
 - 4-6 Km
- Para distancias más cortas: Infrarrojos



VLC

- 802.15.7-2011 Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light
- VLC (Visible Light Communication)
- Longitud de onda 380-780nm, LEDs
- Velocidades de 11.67Kbps a 96Mbps

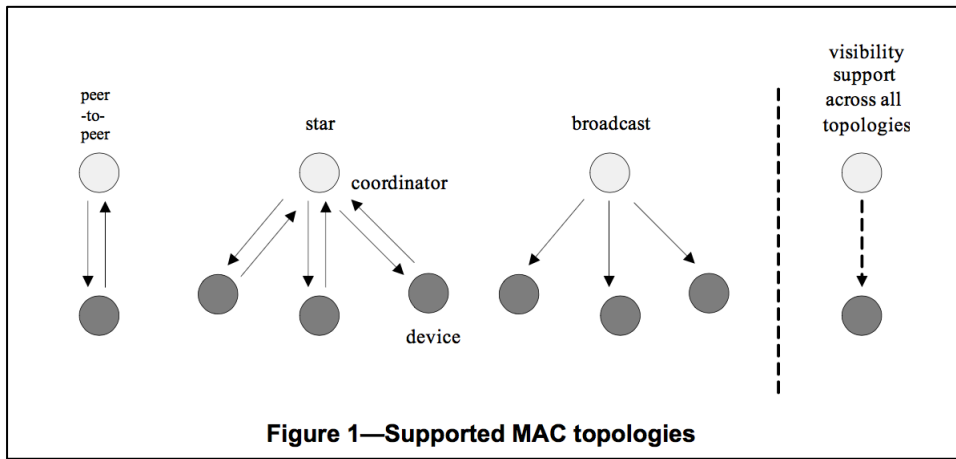


Figure 1—Supported MAC topologies

Table 73—PHY I operating modes

M	Table 74—PHY II operating modes				FEC	Data rate
	Modulation	RLL code	Optical clock rate	FEC	er code (CC)	

Table 75—PHY III operating modes

Modulation	Optical clock rate	FEC	Data rate
4-CSK	12 MHz	RS(64,32)	12 Mb/s
8-CSK		RS(64,32)	18 Mb/s
4-CSK	24 MHz	RS(64,32)	24 Mb/s
8-CSK		RS(64,32)	36 Mb/s
16-CSK		RS(64,32)	48 Mb/s
8-CSK		none	72 Mb/s
16-CSK		none	96 Mb/s

	Optical clock rate	FEC	Data rate	er code (CC)	Data rate
Hz		RS(64,32)	1.25 Mb/s	1/4	11.67 kb/s
		RS(160,128)	2 Mb/s	1/3	24.44 kb/s
Hz		RS(64,32)	2.5 Mb/s	2/3	48.89 kb/s
		RS(160,128)	4 Mb/s	none	73.3 kb/s
		none	5 Mb/s	none	100 kb/s
Hz		RS(64,32)	6 Mb/s	none	35.56 kb/s
		RS(160,128)	9.6 Mb/s	none	71.11 kb/s
Hz		RS(64,32)	12 Mb/s	none	124.4 kb/s
		RS(160,128)	19.2 Mb/s	none	266.6 kb/s
Hz		RS(64,32)	24 Mb/s	none	124.4 kb/s
		RS(160,128)	38.4 Mb/s	none	266.6 kb/s
Hz		RS(64,32)	48 Mb/s	none	266.6 kb/s
		RS(160,128)	76.8 Mb/s	none	266.6 kb/s
		none	96 Mb/s		

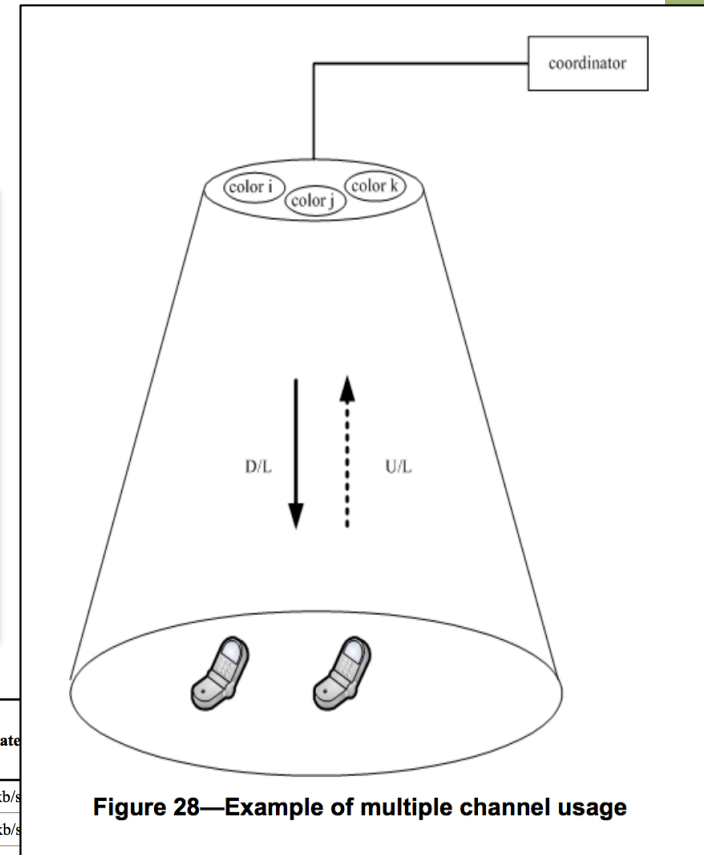


Figure 28—Example of multiple channel usage