

# Problema de la primera milla

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

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación, 3º

# Temario

1. Introducción
2. Tecnologías LAN
3. Tecnologías WAN
- 4. Redes de acceso**
  1. El problema de la primera milla
  2. Tecnologías cableadas
  3. Tecnologías inalámbricas

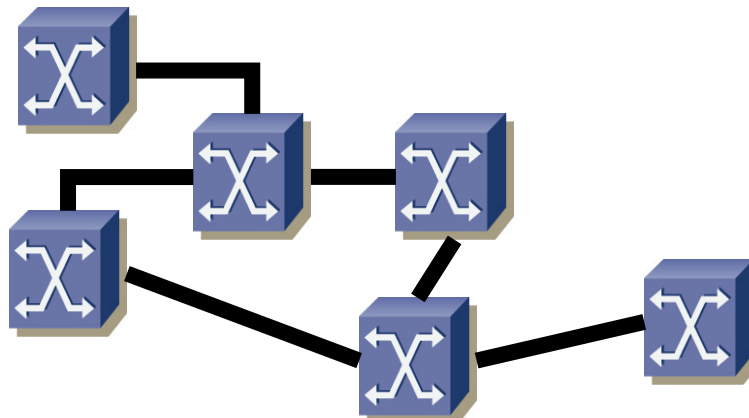
# Objetivos

- Comprender la evolución de las redes y en qué se basa el problema de la primera milla
- Conocer las soluciones de acceso por fibra más comunes
- Saber diferenciar el acceso por cobre, fibra y coaxial en las tecnologías actuales

# La Red hoy en día

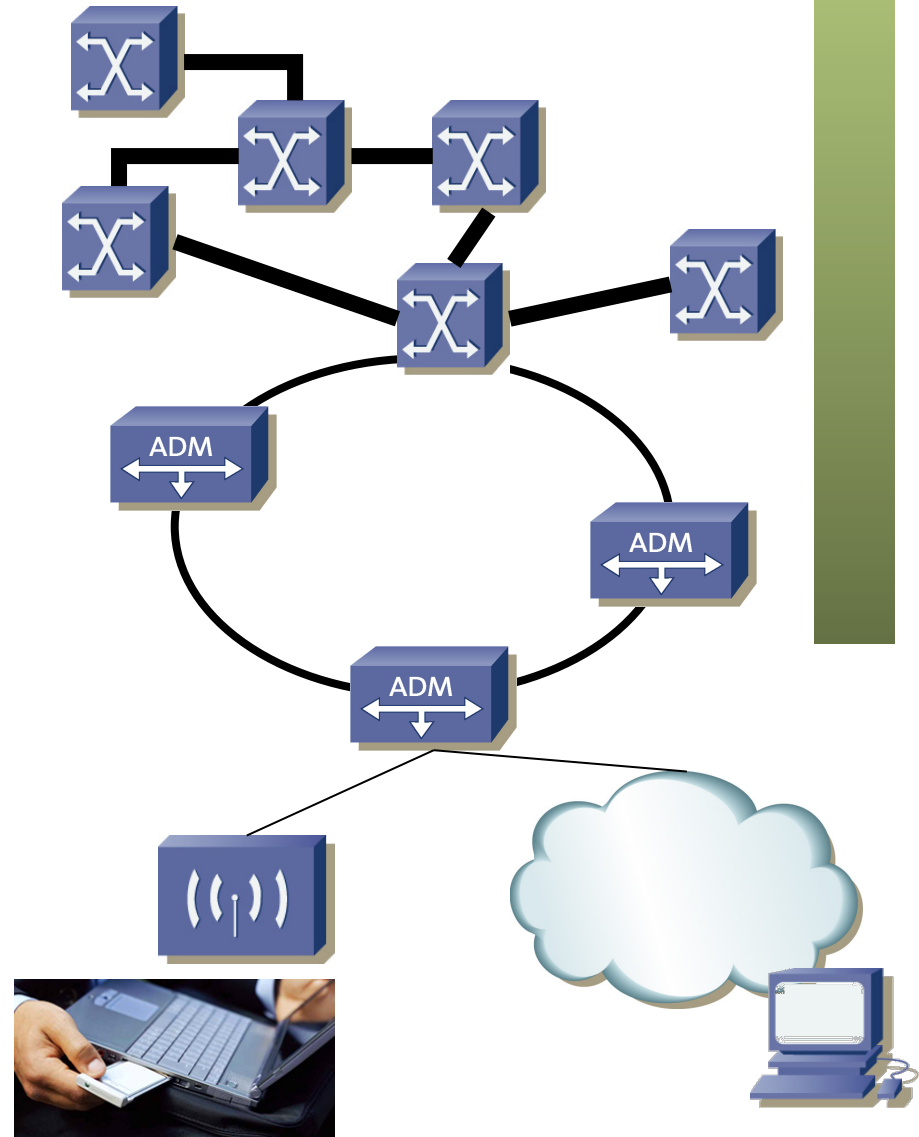
- *Data Networking vs Voice Transfer*
- El efecto de la World Wide Web
- Determinantes:
  - IP
  - WDM
  - Conmutación de altas prestaciones
  - PCs

W3C<sup>®</sup>



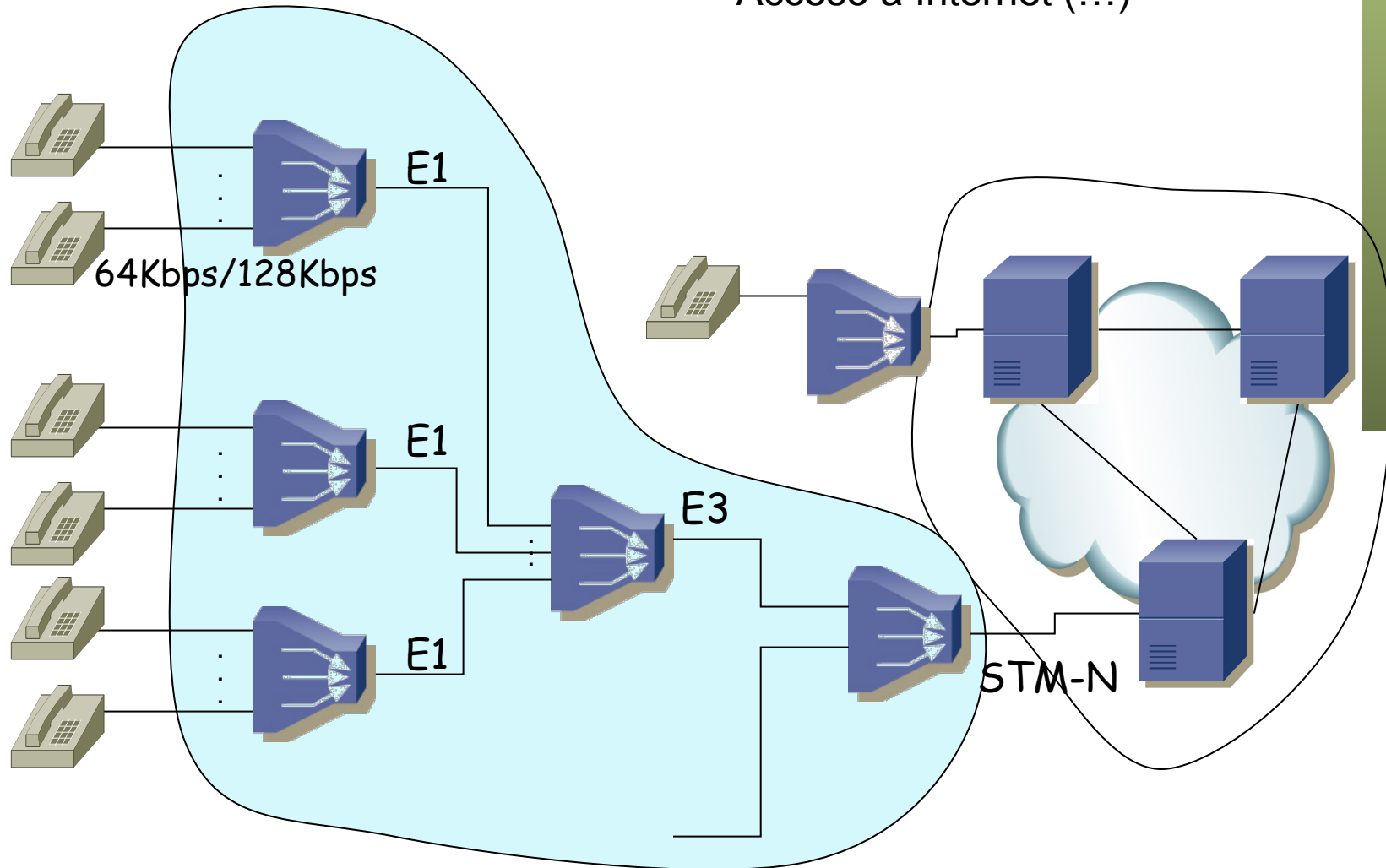
# Resultado

- *Core network*
  - Fibra
  - WDM
  - STM 256 (40Gbps)
  - Alta velocidad
- *Metro network*
  - Fibra, WDM
  - Alta velocidad
- *Usuarios*
  - PCs de gran potencia
- *Access network*
  - Cableada o inalámbrica
  - Unos pocos Mbps
- (...)



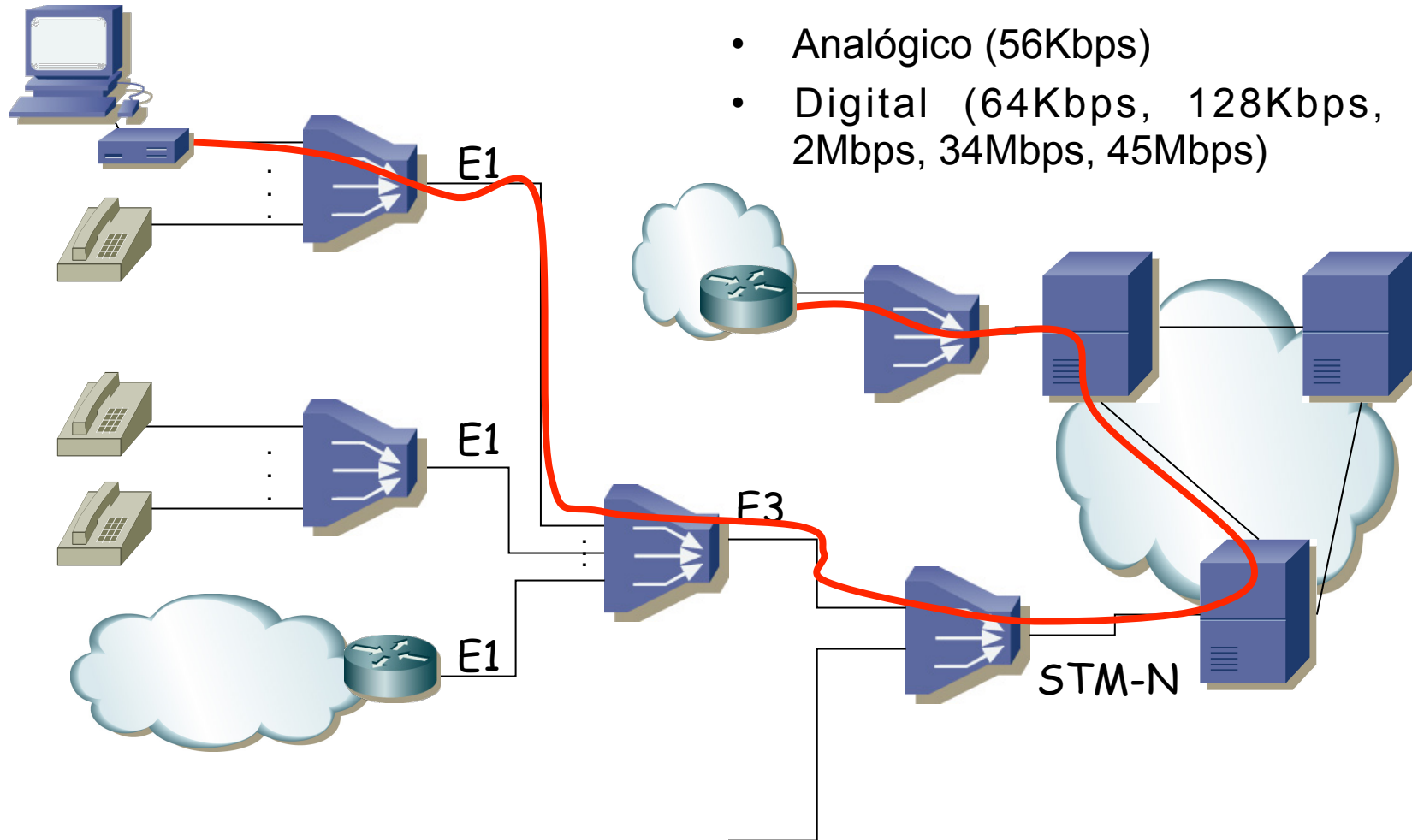
# PSTN como red de acceso

- Agregación
- Public Switched Telephone Network
- Acceso a Internet (...)



# PSTN como red de acceso

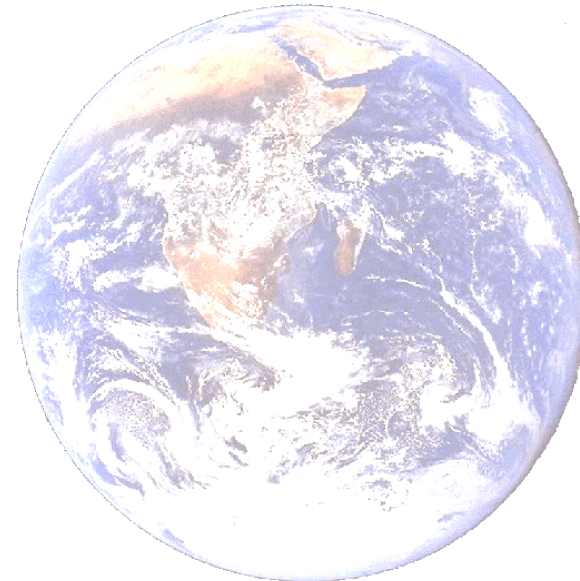
- Agregación



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

# ¿Actualizar la red de acceso?

- Inicialmente el tráfico con Internet era reducido (e-mail, un poco de web...)
- ¡ Llevó *décadas* desplegar el cableado telefónico actual !
- ¿Se justifica económicamente cambiarla?
- La burbuja de las dot-com no ha ayudado





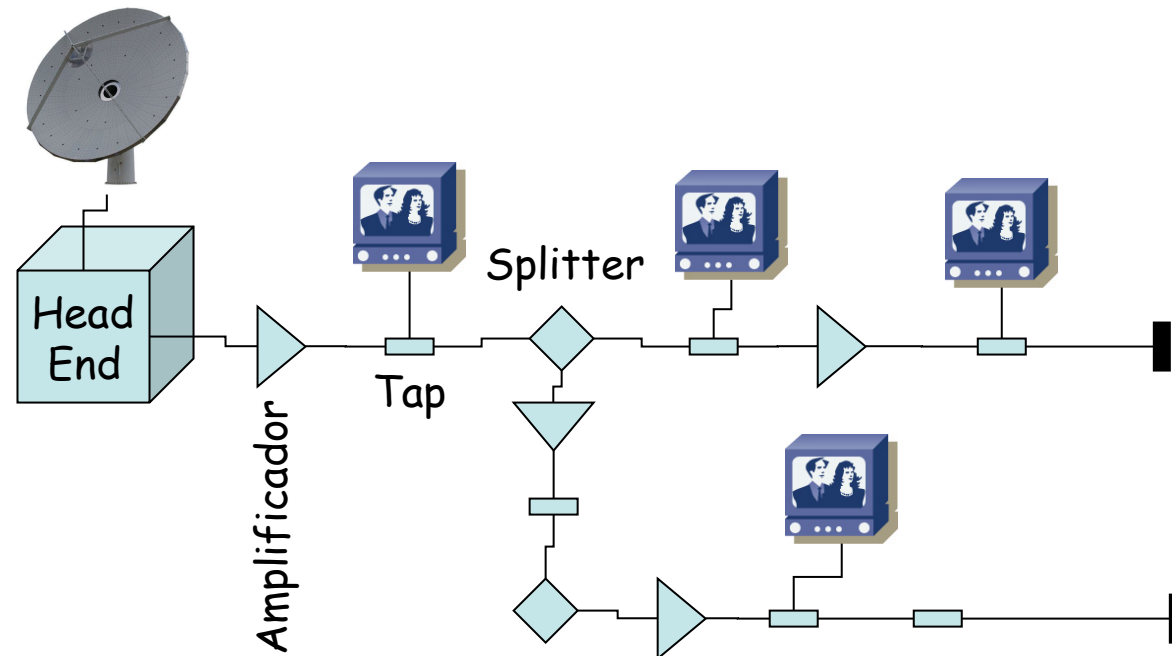
# Tecnologías en el acceso

- Cableadas
  - PSTN
  - Cable coaxial
  - Fibra
  - PLC
  - xDSL
- Inalámbricas
  - Satélite
  - Fixed
  - WiFi
  - Celular
  - FSO



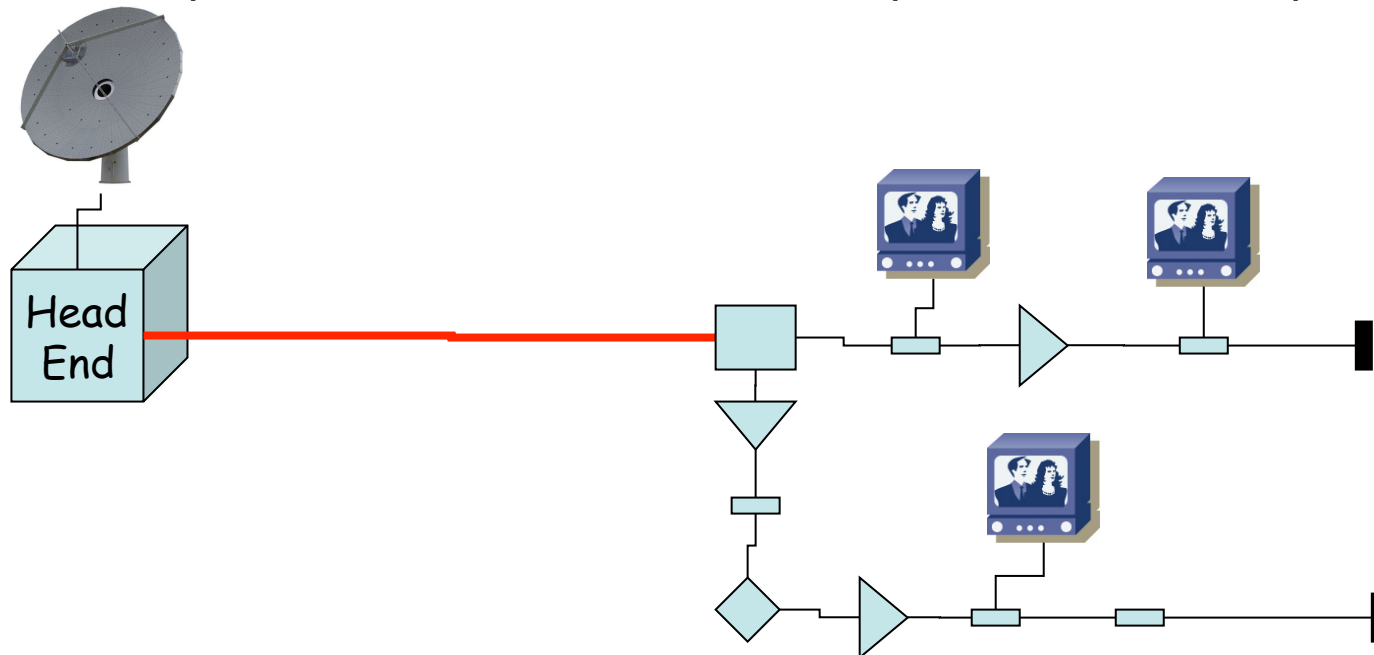
# Cable: TV

- 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)



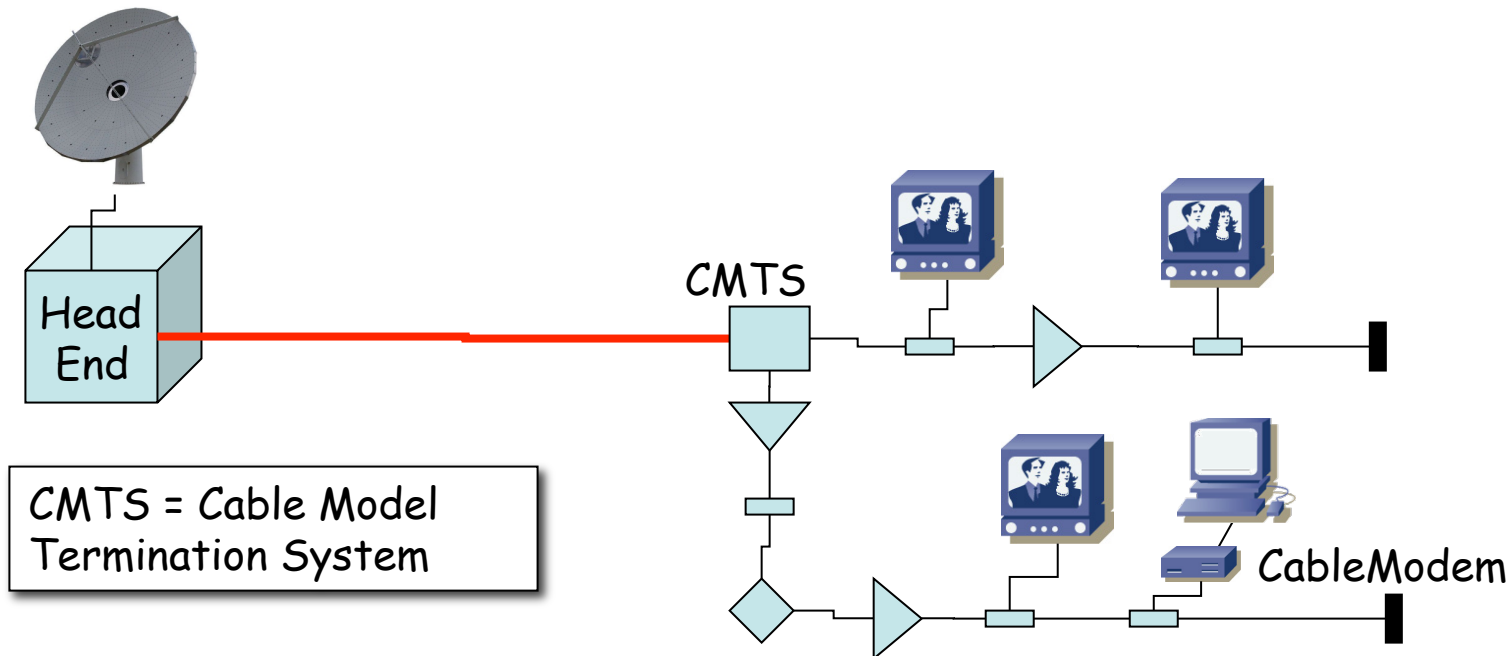
# Cable: TV

- 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



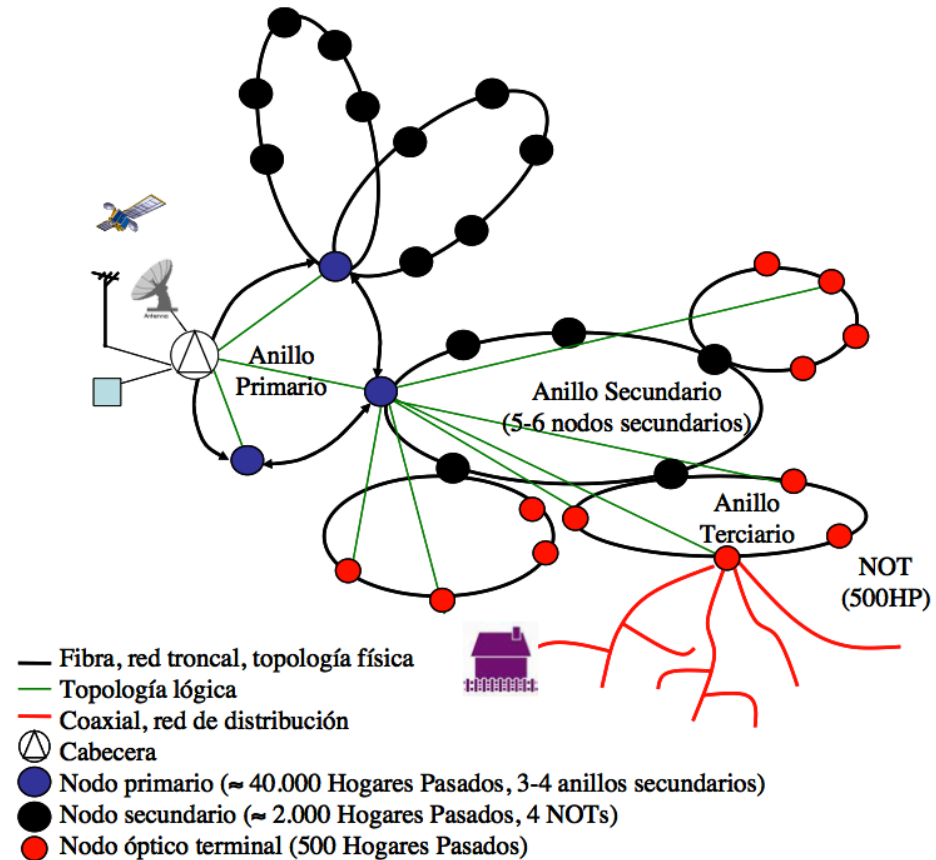
# Cable: Datos

- 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*



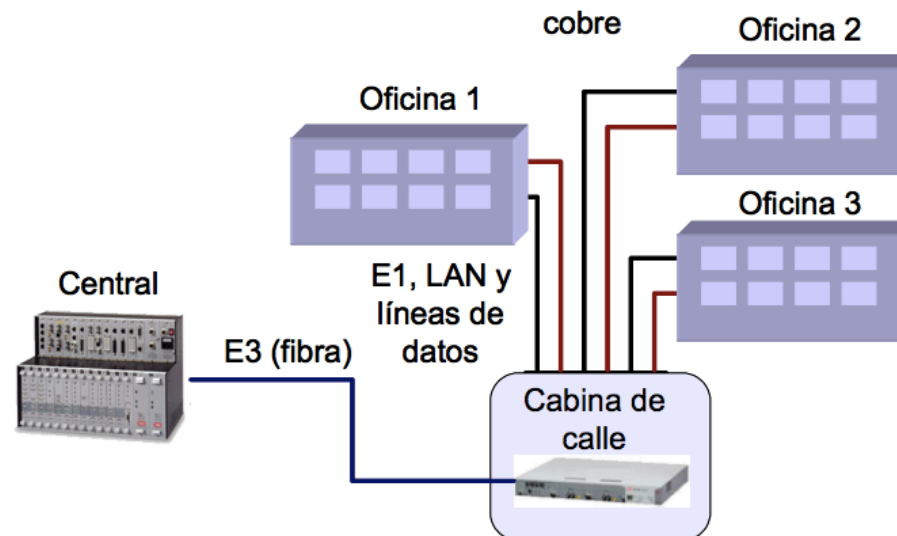
# Cable: red troncal

- 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



# Fibra

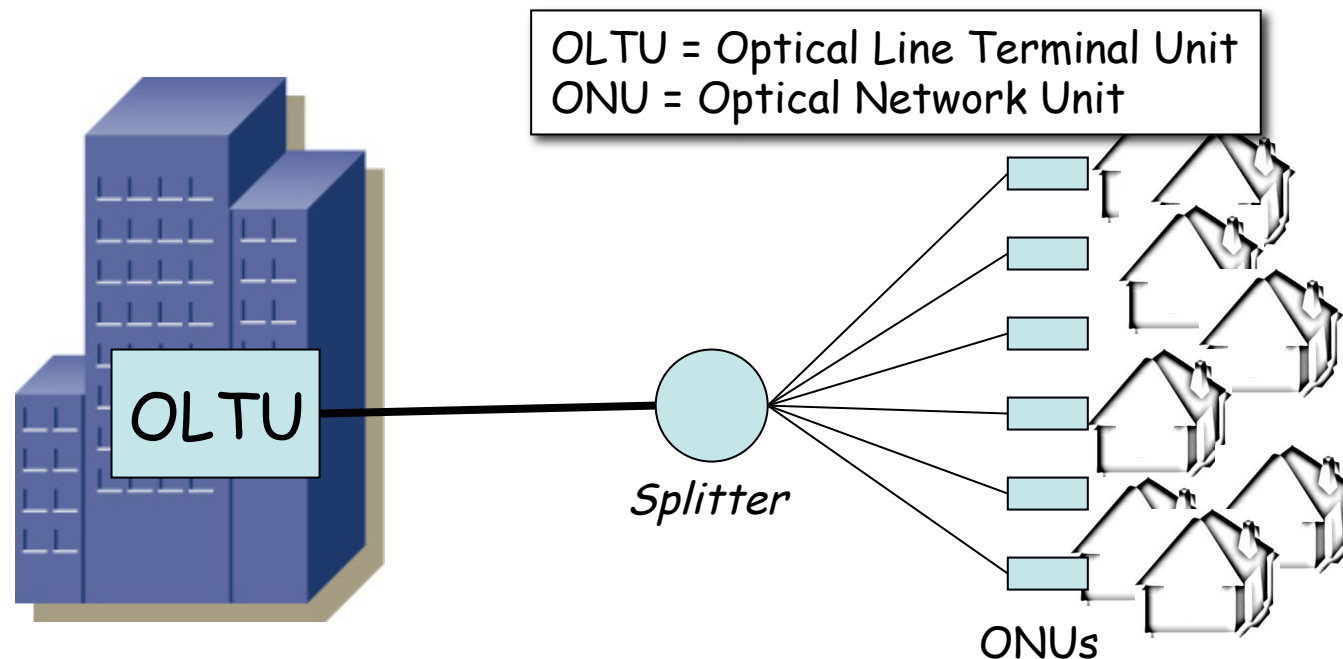
- FTTX = Fiber To The X
- Acercar la fibra al abonado
- FTTH = Fiber To The Home (hasta casa)
- FTTC = Fiber To The Curb (hasta la acera)
- FTTB = Fiber To The Building (hasta el edificio)
- FTTP = Fiber To The Premises
- FTTU = Fiber To The User
- FTTO = Fiber To The Office
- FTTCab = Fiber To The Cabinet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



# Fibra

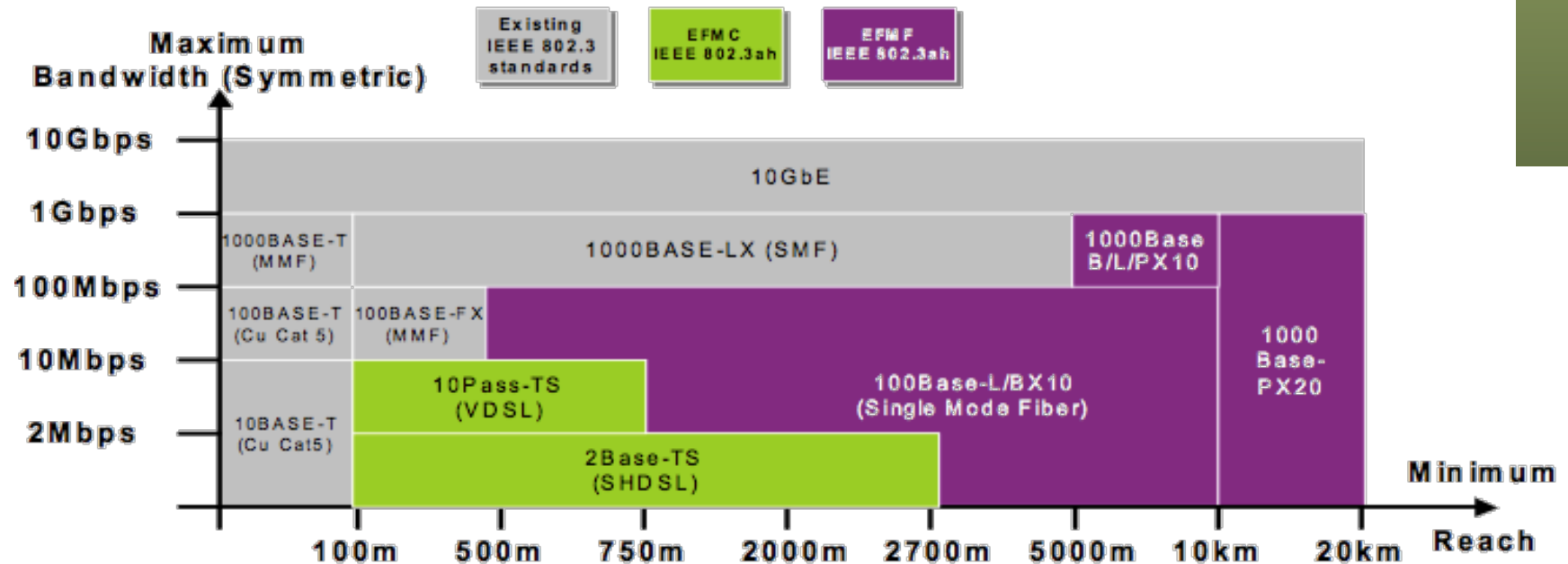
## PON = Passive Optical Network

- 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



# Ethernet in the First Mile

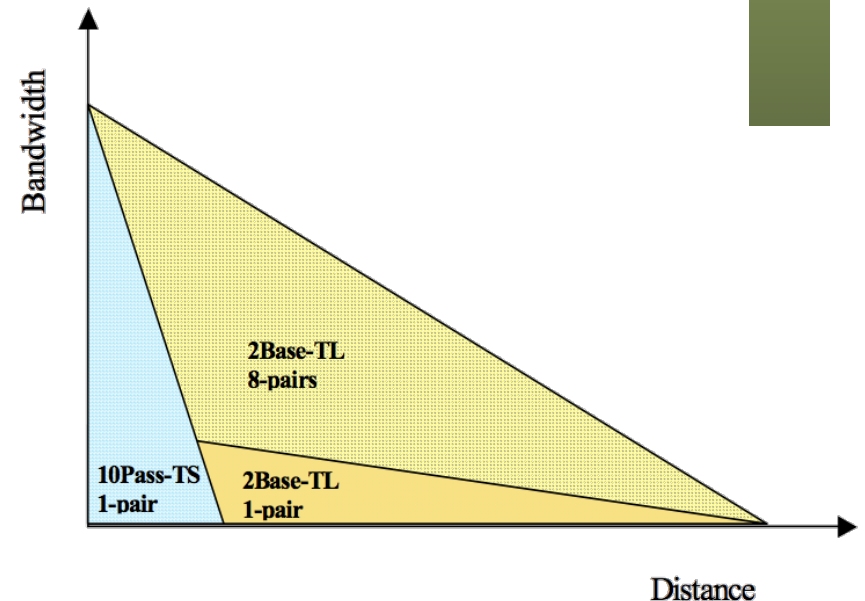
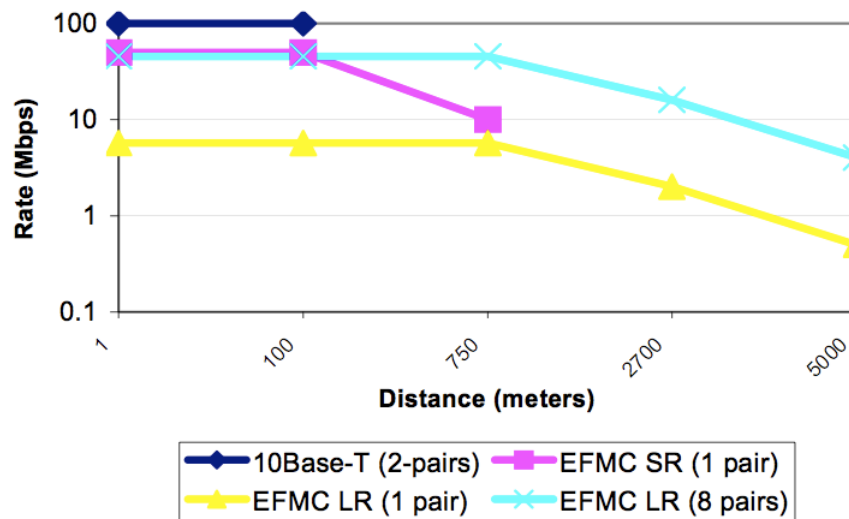
- 802.3ah (ya es parte de 802.3)
- EFMC: Ethernet in First Mile for voice-grade Copper
- EFMF: Ethernet in First Mile using point-to-point Fiber topology
- EFMP: Ethernet in First Mile using point-to-multipoint topology, based on Passive optical networks (PONs)





# Sobre Cobre

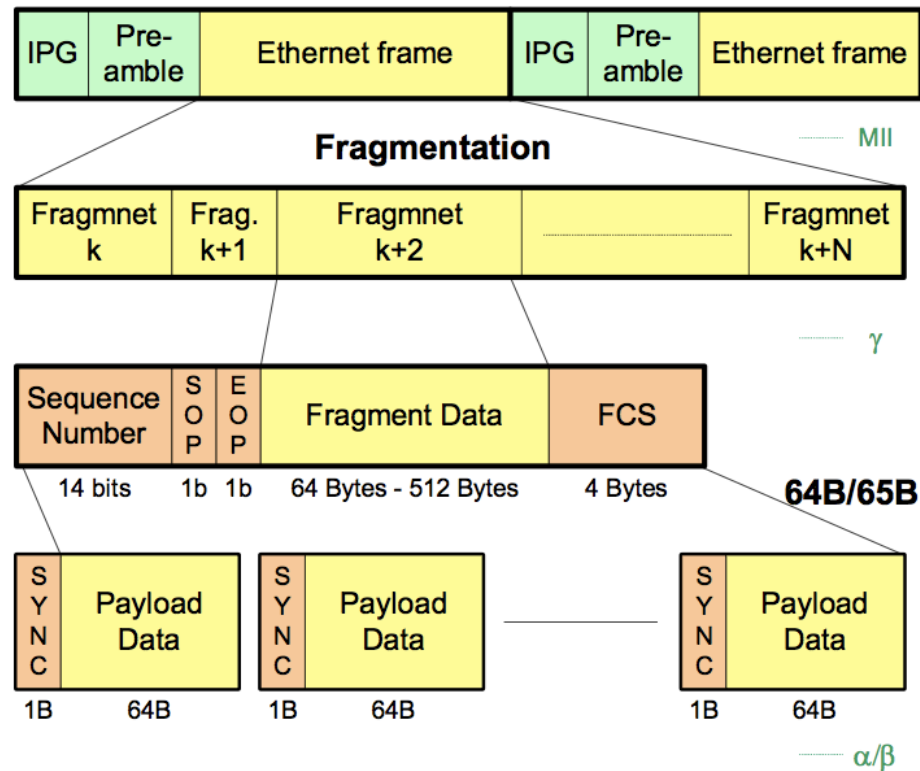
- Punto-a-punto, solo full-duplex
- *Voice grade copper*
- Los interfaces de ambos extremos son diferentes (CO side y CPE side) pero velocidad simétrica
- 2BASE-TL: 2Mb/s@2700m, mínimo 192Kb/s, máx 5.7Mb/s, basado en SHDSL
- 10PASS-TS: 10Mb/s@750m, basado en VDSL
- Son mínimos, equipos comerciales suelen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



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

# Sobre Cobre

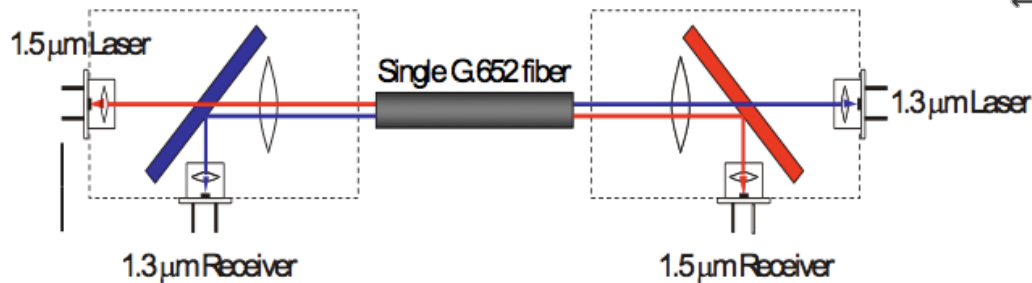
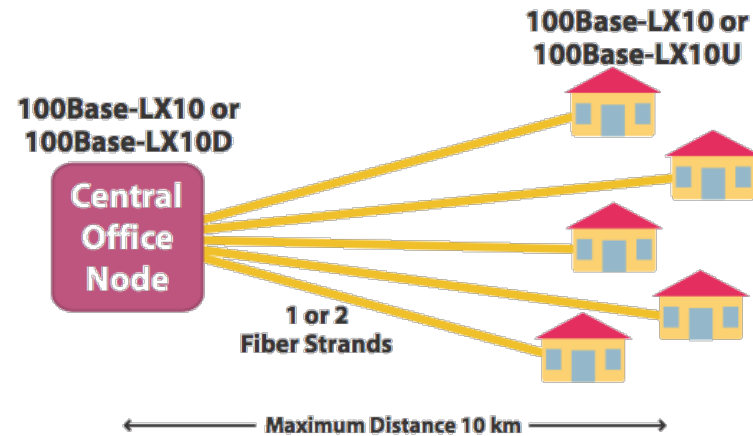
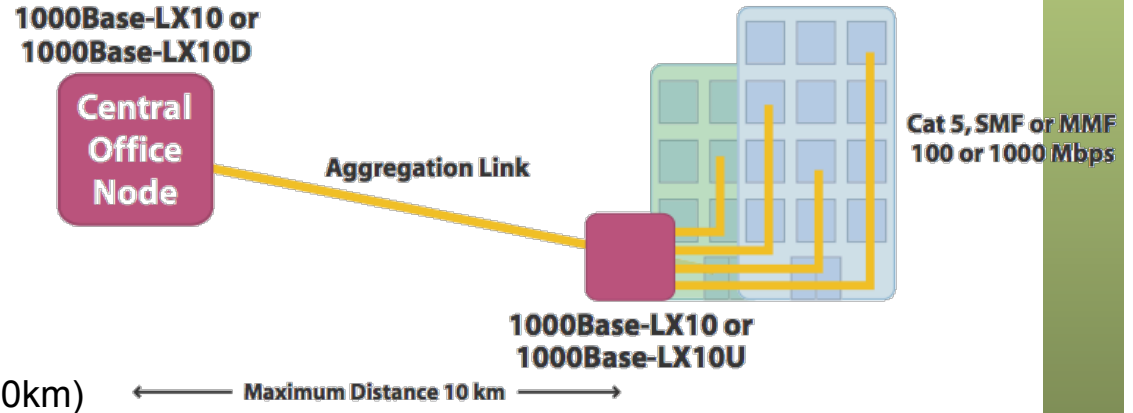
- Conectables a otras Ethernet mediante puentes
- Puede usar *bonding*
- Mecanismos OAM
  - Monitorizar estado del enlace
  - Emplea OAMPDUs que se multiplexan con las de datos
  - Entre subnivel MAC y LLC



# Sobre Fibra

## Punto-a-punto:

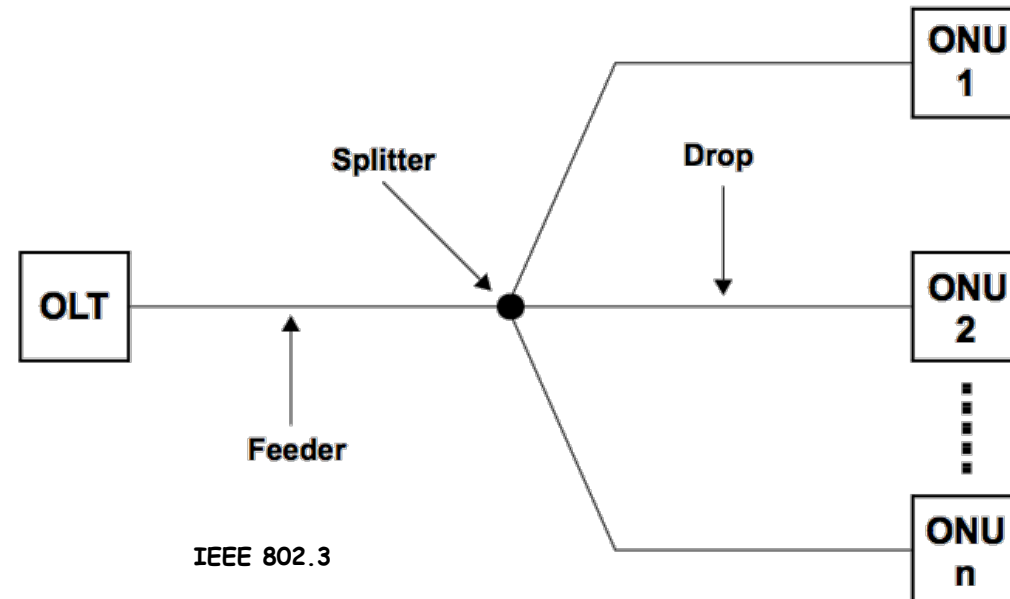
- 100Mb/s y 1000Mb/s
- 100BASE-LX10:
  - Dos SMF (10km)
- 100BASE-BX10:
  - Una SMF
  - Diferente  $\lambda$  cada sentido (10km)
- 1000BASE-LX10:
  - Dos SMF (10km) o dos MMF (550m)
- 1000BASE-BX10:
  - Una SMF (10km)



# Sobre Fibra

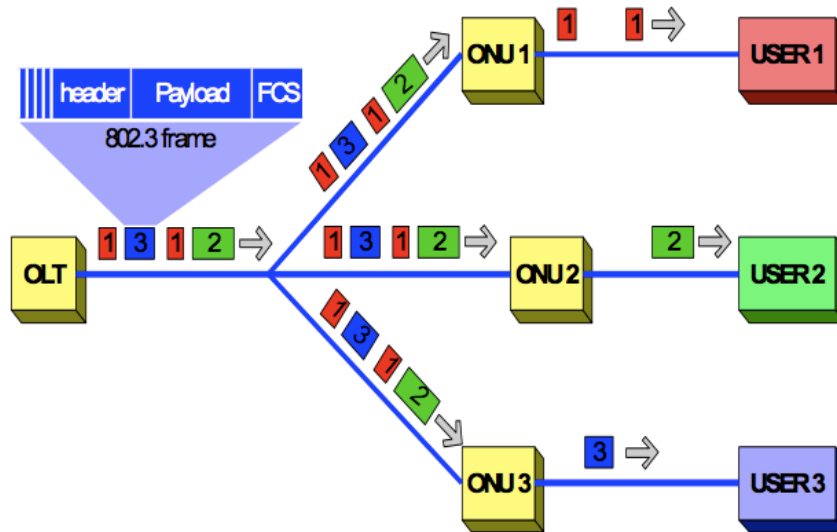
## EPON:

- Punto-a-multipunto pasiva
  - Full-duplex
  - Diferente  $\lambda$  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

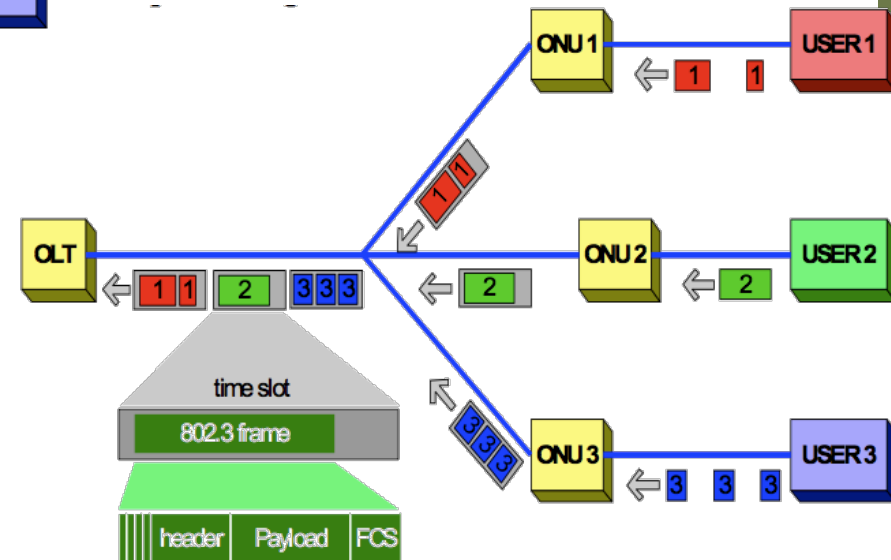
## Downstream



## Upstream

- TDMA

- Discovery processing: of ONUs
- Report procesings: BW requests from ONU to OLS
- 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

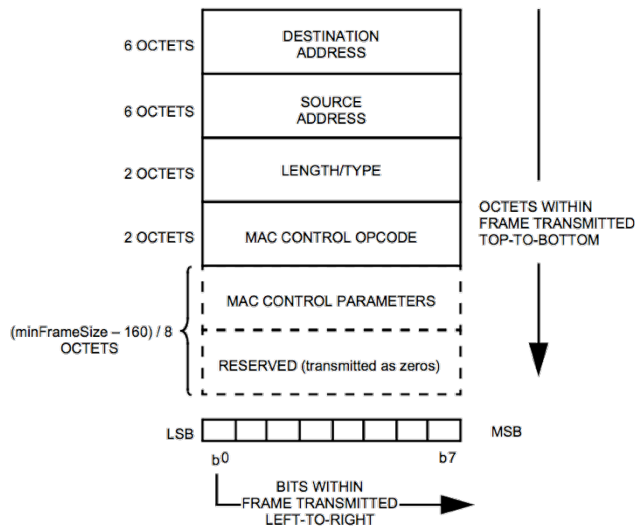


Figure 31-3—MAC Control frame format

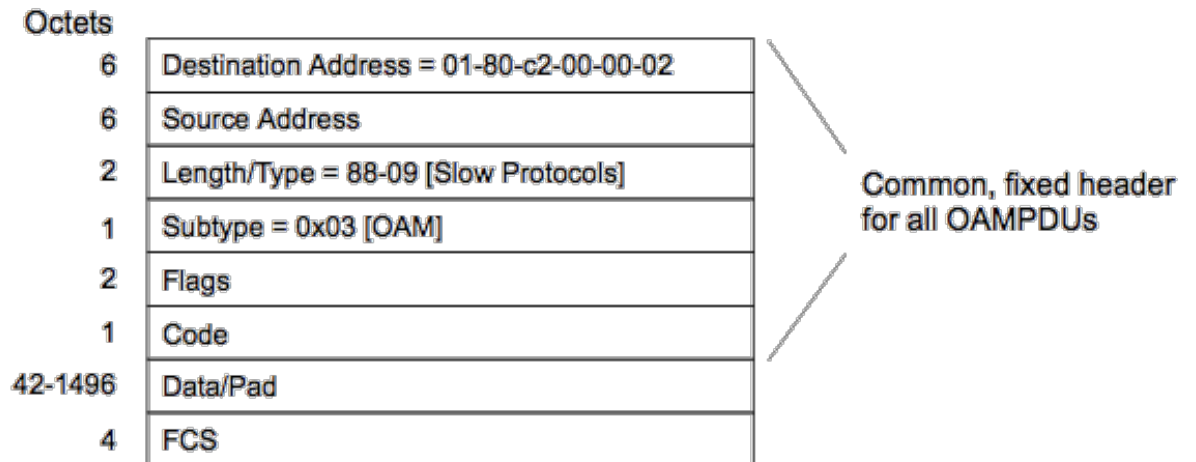
Table 31A-1—MAC Control opcodes

Opcode (Hexadecimal)	MAC Control function	Specified in	Value/Comment	Timestamp <sup>a</sup>
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			

<sup>a</sup>The 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

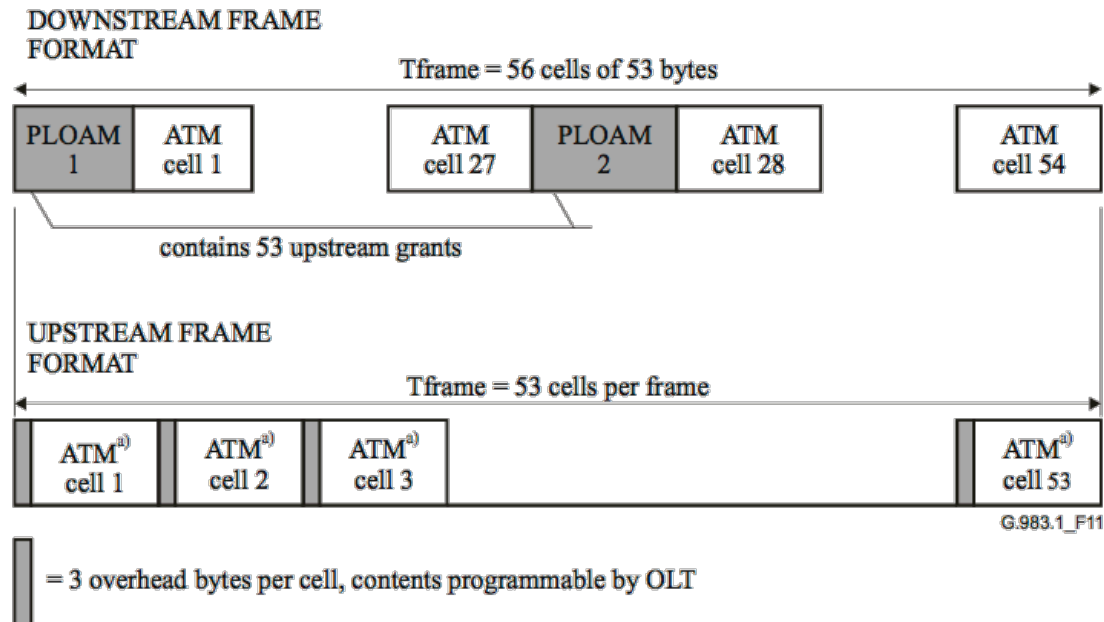


# B-PON

- 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

# 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)



<sup>a)</sup> 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.

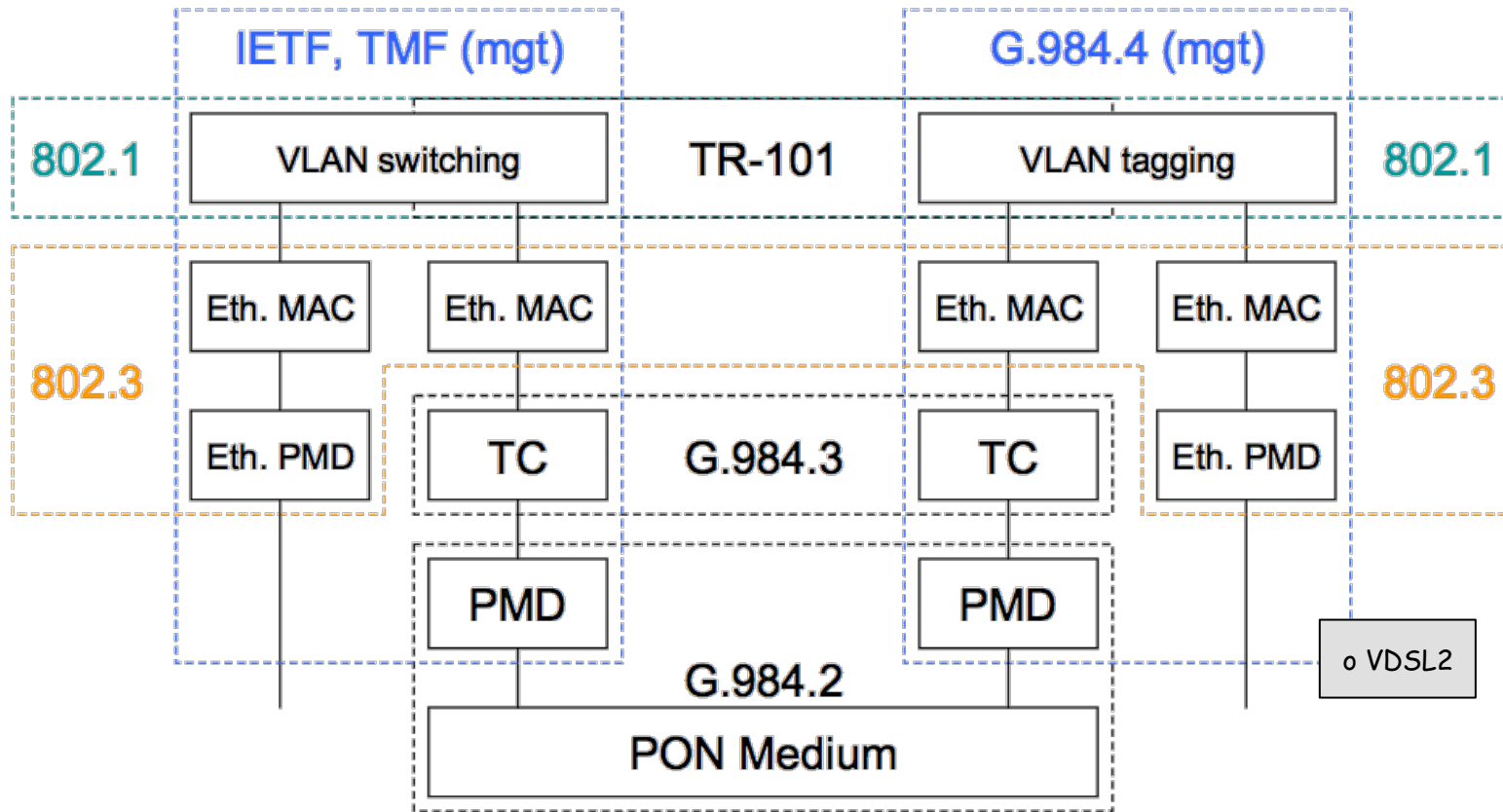
**Figure 11/G.983.1 – Frame format for 155.52/155.52-Mbit/s PON**

# 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
- GEM
  - G-PON encapsulation method (no ATM)
  - Transporte orientado a conexión
  - Tramas de tamaño variable
  - 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
- G.987.x
- Downstream 10 Gbps
- Upstream 2.4 Gbps
- Compatible con G-PON (diferentes wavelengths)
- Hasta 60 Km

# Resumen

- Desajuste de velocidades con cuello de botella en el acceso
- Acercamiento de la fibra al usuario
- Fibra directa o en red pasiva
- Soluciones por coaxial herederas de la TV por cable