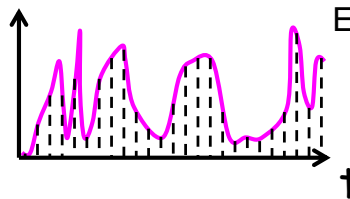


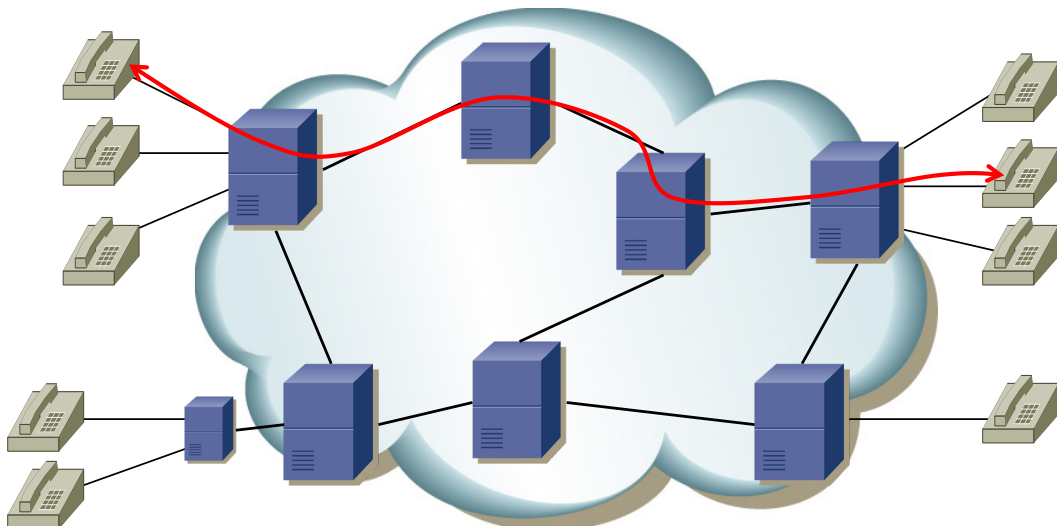
PDH

Servicio telefónico



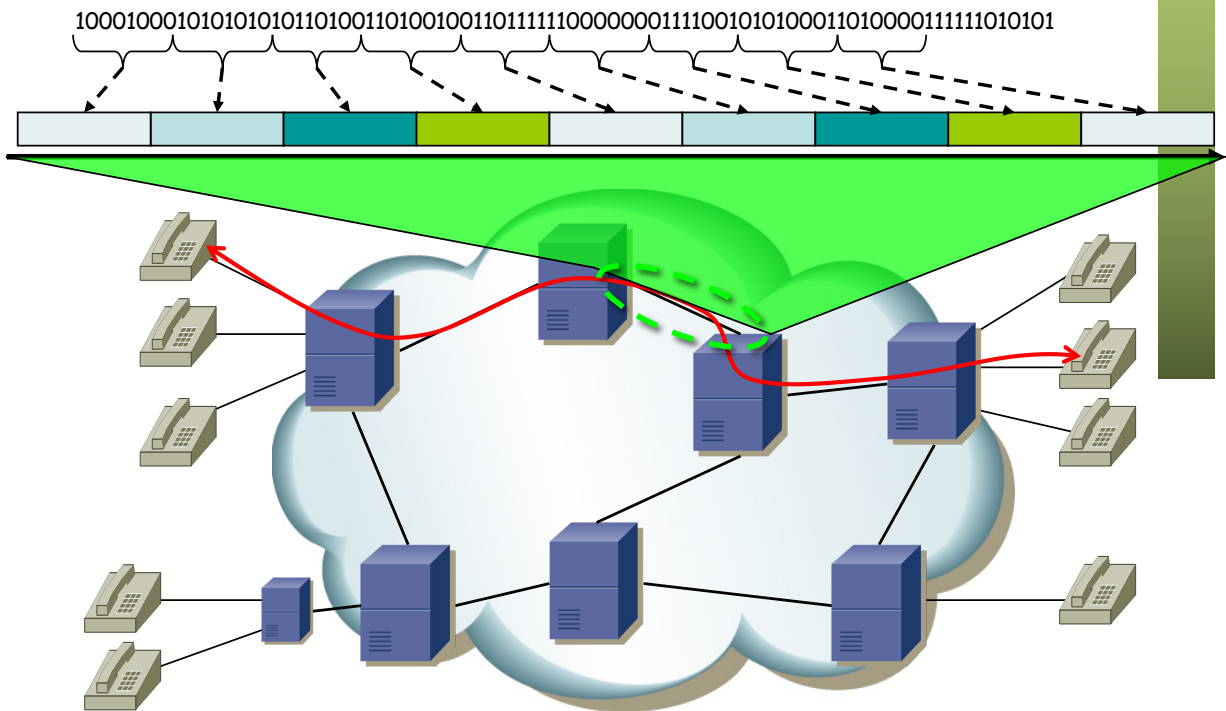
- Señal de voz → flujo binario
E0 (DS0) : 64Kbps

...100010001010101010110100110100100110



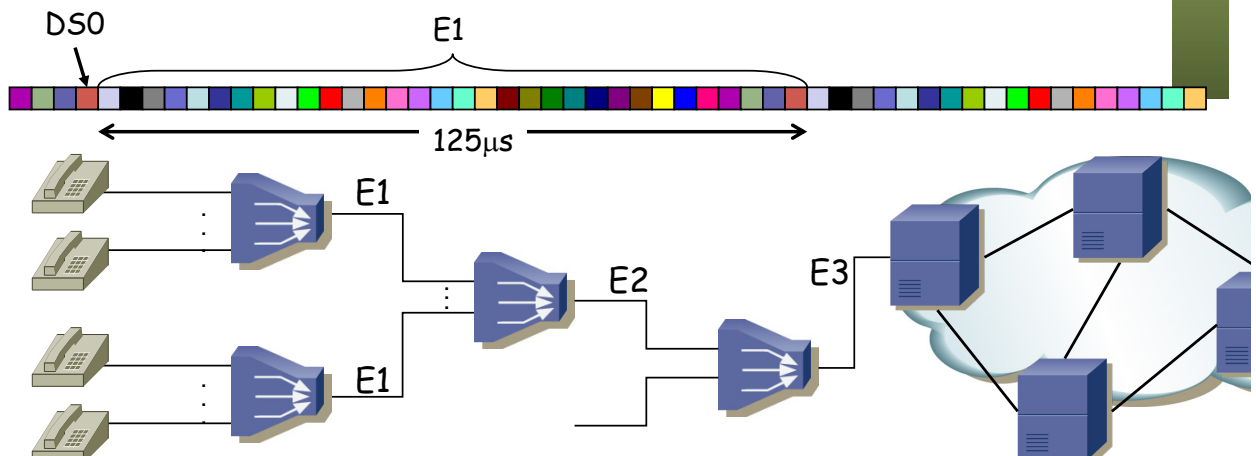
Servicio telefónico

- *TDM = Time Division Multiplexing*



PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

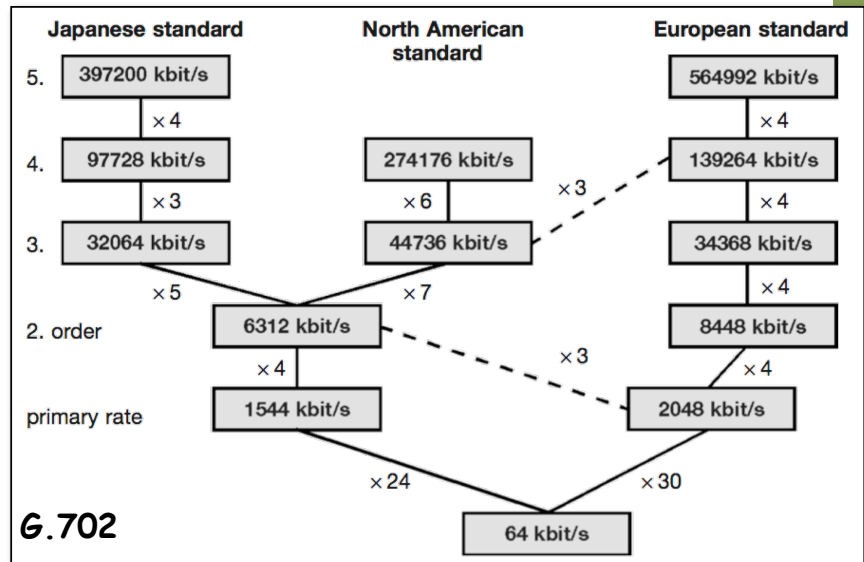
- Señales plesiócronicas:
 - Las velocidades pueden sufrir desplazamientos de fase, *jitter* y *wander* pero con unos límites
 - Cada uno su propio reloj
 - Esto limita las velocidades
- E1 (2048Kbps) = 32xE0
- En trama superior a E1 no se puede identificar un E0 concreto
- Demultiplexar para extraer canales menores en la jerarquía



PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

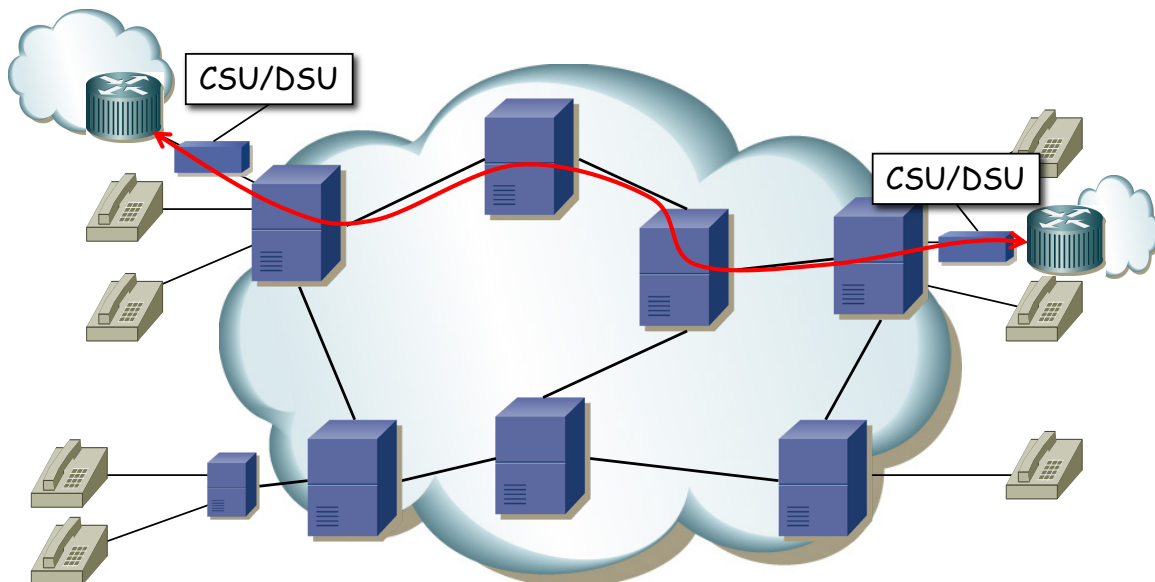
Multiplexación TDM

- $E1 (2048\text{Kbps}) = 32 \times E0$ $E2 = 4 \times E1$, $E3 = 4 \times E2$, $E4 = 4 \times E3$
- $T1 (DS1, 1.54\text{Mbps}) = 24 \times DS0$ $T2 = 4 \times T1$, $T3 = 7 \times T2$
- ITU-T G.701-703
- Multiplexación bit a bit
- Acomodar variaciones en frecuencia insertando bits (“justificación”)



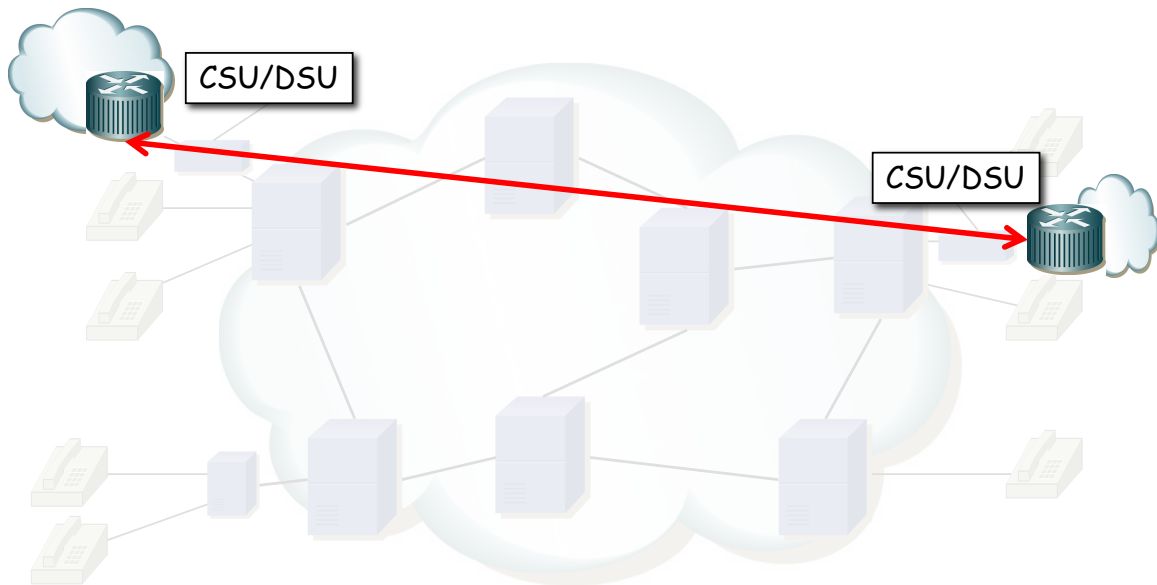
Datos

- CSU/DSU = *Channel Service Unit / Digital Service Unit*
- Asignan los datos a un canal PDH
- Los extremos lo que ven es un “circuito”, con una tasa síncrona (64Kbps, 128Kbps, etc) (...)



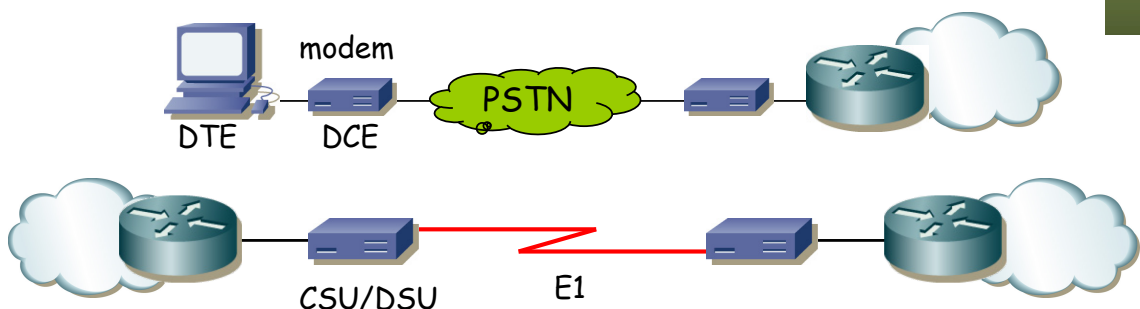
Datos

- La red de transporte es completamente transparente
- Es como tener un cable de uno a otro
- Necesitamos alguna forma de marcar en ese flujo binario el comienzo y final de los paquetes (*frame delineation*)
- Múltiples alternativas, comentamos una porque volverá más adelante



¿ PPP ?

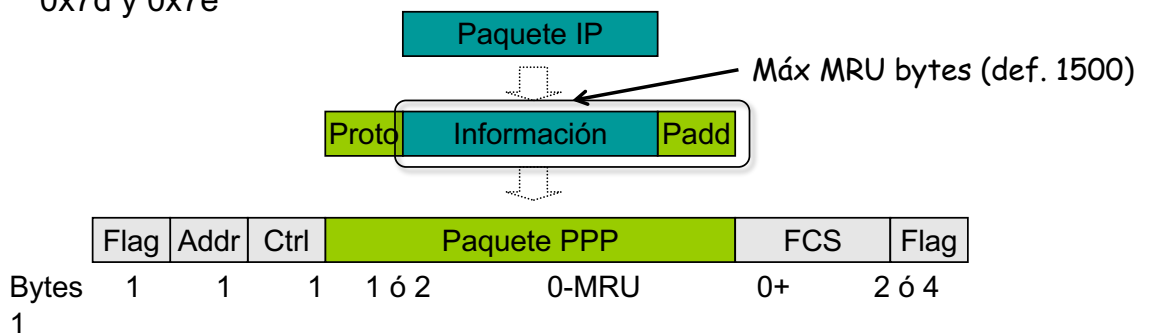
- *Point-to-Point Protocol* (RFC 1661)
- Creado para la conexión usuario-a-red
- Empleado también en red-a-red
- Ofrece:
 - Framing
 - Protocolo de control del enlace (LCP) para establecer, configurar y comprobar el enlace de datos
 - Protocolos de control específicos para cada protocolo de red (NCP)
- Se emplea sobre enlaces full-duplex que mantienen el orden



CSU/DSU = Channel Service Unit/Data Service Unit

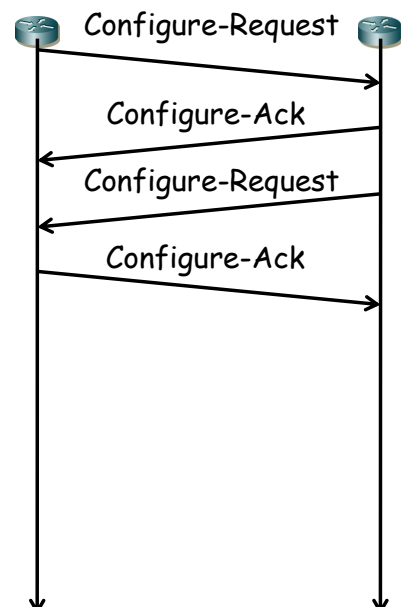
PPP: encapsulación

- Puede transportar múltiples protocolos simultáneamente
- Marca el comienzo y final de cada trama
- Por defecto encapsulación HDLC (RFC 1662)
 - Flag (0x7e)
 - Address (solo 0xff = All-Station)
 - Control (solo 0x03 = Unnumbered Information con bit Poll/Final a cero)
 - FCS (calculado desde el campo Address)
- Byte Stuffing
 - Carácter de escape = 0x7d
 - En la secuencia entre los Flags se escapan todos los caracteres 0x7d y 0x7e



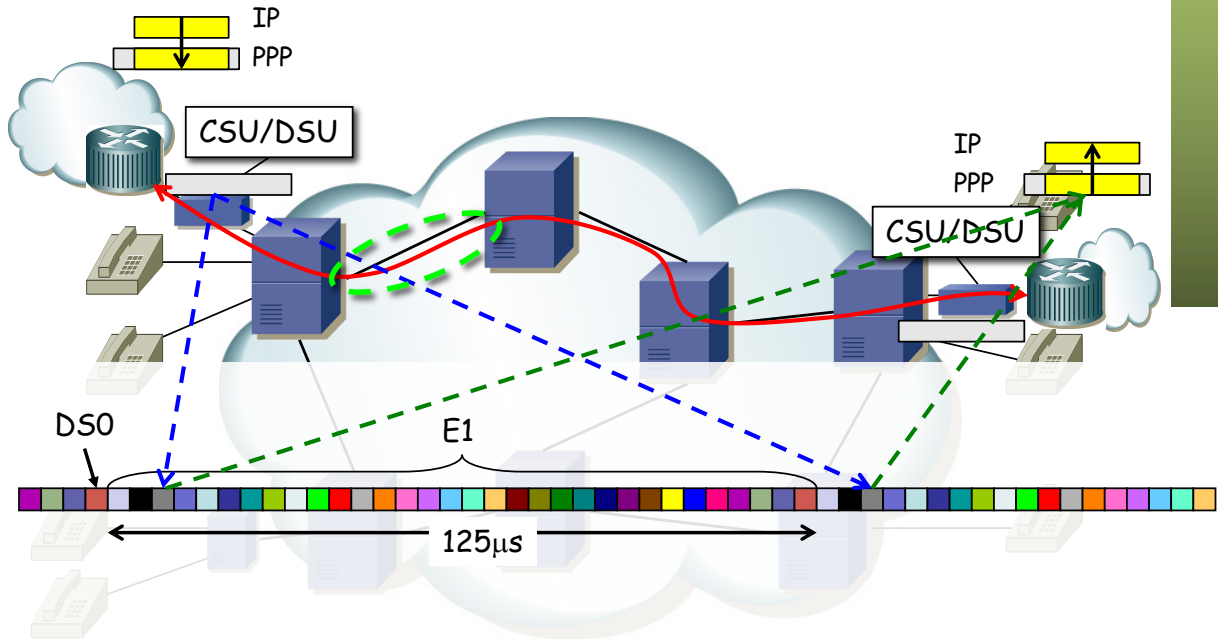
PPP: Control

- Hay mensajes PPP para control, además
- *Link Control Protocol*
 - Acordar el formato de encapsulado
 - Terminar el enlace
 - Autenticación (opcional)
 - Determinar si el enlace funciona correctamente
 - Negociar opciones
- *Network Control Protocol*
 - Configuración del protocolo de nivel de red
 - Depende del protocolo de nivel de red
 - IPCP = Internet Protocol Control Protocol (RFC 1332)



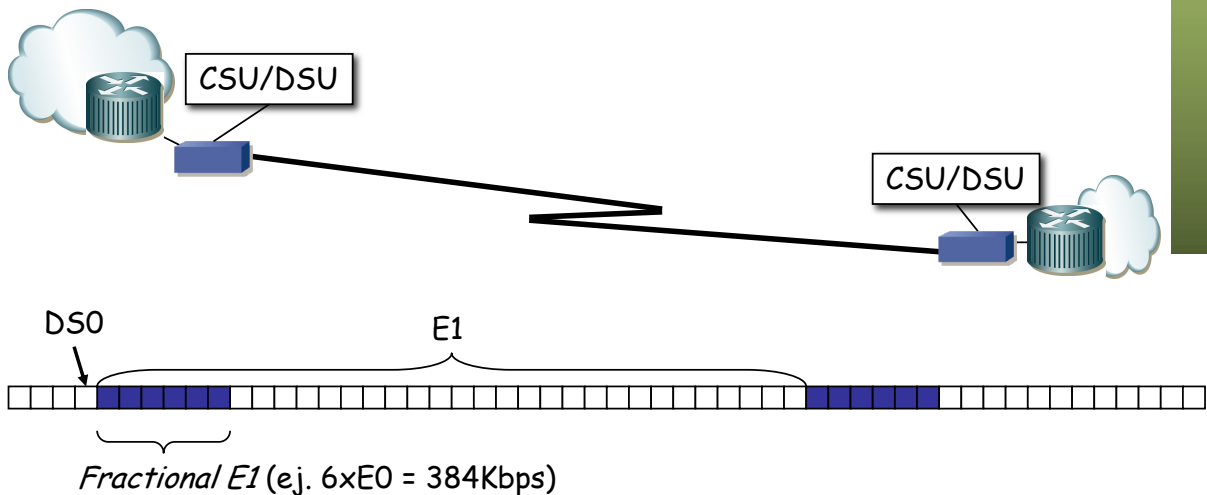
Ejemplo de encapsulado

- La trama PPP para la WAN no son más que bytes, igual que lo son cuando no hay nada que enviar
- Por ejemplo para un circuito de 64Kbps se reparten en 1 cada 125µs
- En un E1 es un byte de cada 32 (...)



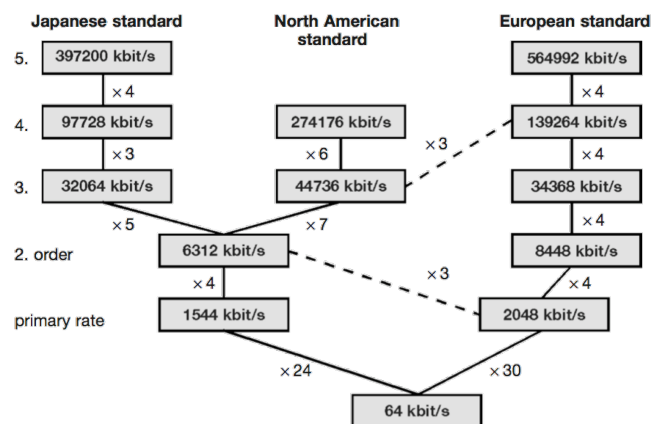
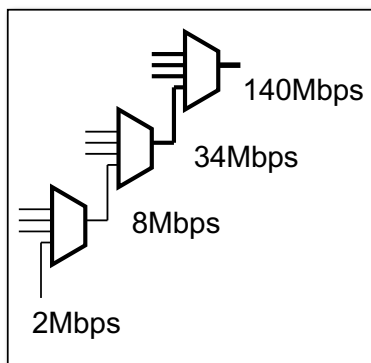
Datos

- El enlace de salida de la CSU/DSU podría ser un E1
- Podríamos emplear varios slots de ese E1, por ejemplo 6
- Entonces podemos establecer un circuito de 384 Kbps
- Y se reparten los bytes del paquete en los slots marcados
- Es como tener 6 llamadas en paralelo



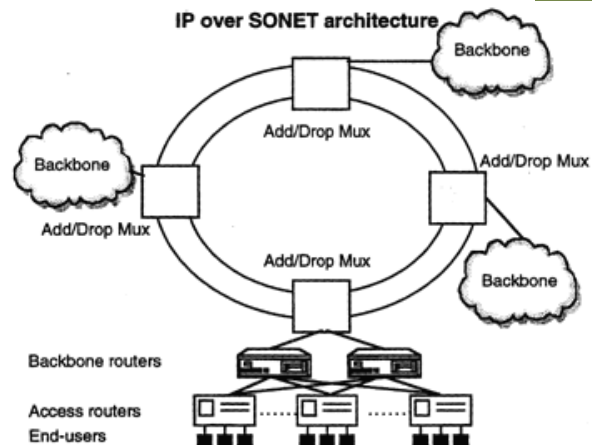
Limitaciones de PDH

- Falta de estandarización unificada:
 - 3 jerarquías diferentes (Europa, EE.UU., Japón)
 - Problemas de interoperatividad
 - Diferentes formatos de señales y codificaciones
- Complicado extraer una señal de menor capacidad
 - Se debe hacer la demultiplexación de cada nivel
 - Así se pueden extraer los bits que se han ido añadiendo
- Gestión y mantenimiento manual



SONET/SDH

- Especificaciones de *Network Node Interface* (NNI)
- Tecnología de transporte. Originalmente para transportar señales PDH
- Permite velocidades elevadas
- Las velocidades están sincronizadas en toda la red
- La sincronización reduce la necesidad de buffering
- Simplifica la inserción y extracción de señales de más baja velocidad sin demultiplexar
- Fácilmente extendible a mayores velocidades
- Compatible entre fabricantes
- Funcionalidades de recuperación ante fallos en los enlaces/nodos
- Funcionalidades de gestión
- Hay tres redes: Transmisión, Sincronización y Gestión



SONET y SDH

SONET

- *Synchronous Optical NETwork*
- Estándar del ANSI
- STS (*Synchronous Transport Signal*), señal eléctrica
- STS-1 = 51.84Mbps
- OC-1 (*Optical Carrier*), señal óptica
- Terminología:
 - *STS Section, STS Line, STS Path*
 - *Virtual Tributary*

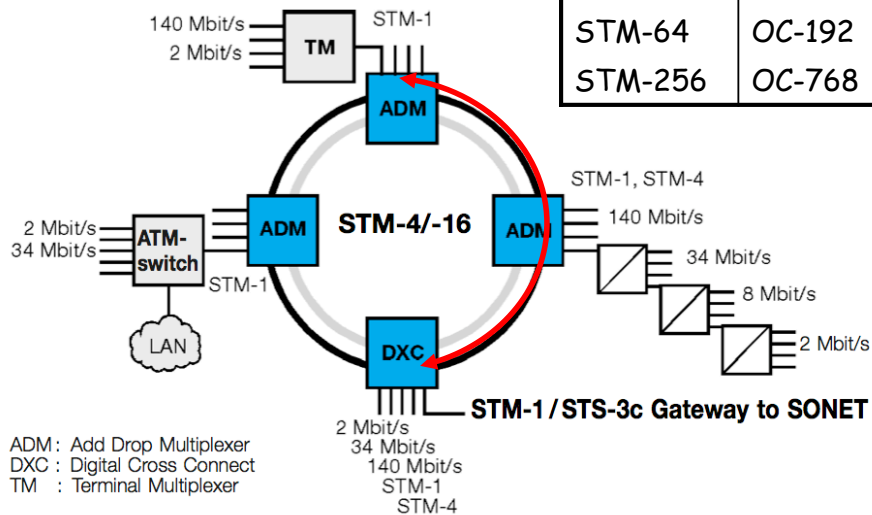
SDH

- *Synchronous Digital Hierarchy*
- Estándar del ITU (finales de los 80s, G.707)
- SONET caso particular
- En SDH la señal mínima es la de 155.52Mbps (STM-1)
- STM (*Synchronous Transport Module*), óptico o eléctrico
- Terminología:
 - *Regenerator Section, Multiplex Section, Higher Order Path*
 - *Virtual Container*

SONET/SDH

- SDH se diseñó para transportar señales de 1.5, 2, 6, 34, 45 y 140 Mbps
- Límite de velocidad impuesto por la tecnología, no por la falta de estándar

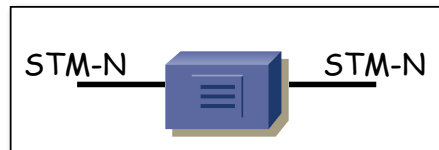
| SDH | OC Level | Line Rate (Mbps) |
|---------|----------|------------------|
| | OC-1 | 51.84 |
| STM-1 | OC-3 | 155.52 |
| STM-4 | OC-12 | 622.08 |
| STM-16 | OC-48 | 2488.32 |
| STM-64 | OC-192 | 9953.28 |
| STM-256 | OC-768 | 39813.12 |



SONET/SDH: Elementos

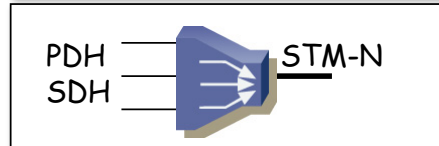
Elementos

Regeneradores



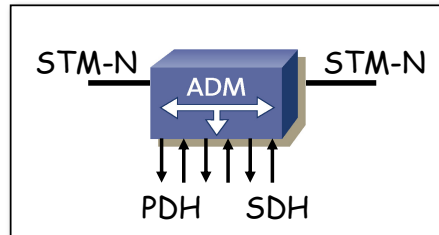
Terminal Multiplexers (TM)

- Multiplexan señales plesiócronicas y síncronas en una única señal de nivel superior



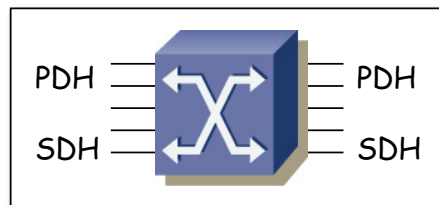
Add-Drop Multiplexers (ADM)

- Insertan y extraen señales PDH y SDH
- Distancia entre ellos suele rondar las decenas de Km



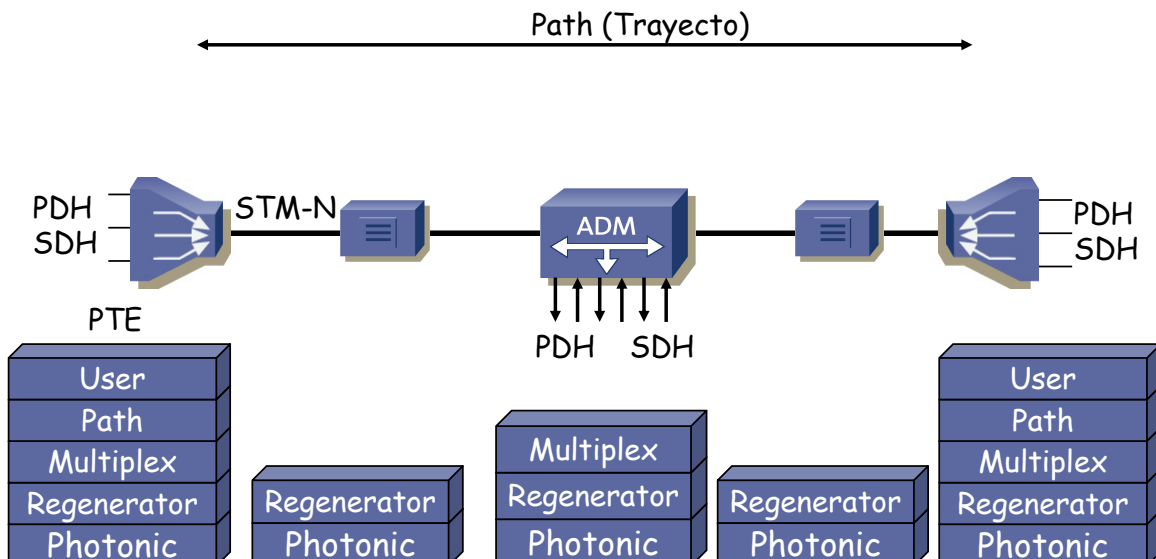
Digital Cross-Connect (DXC)

- Conmutación, inserción y extracción de señales PDH y SDH



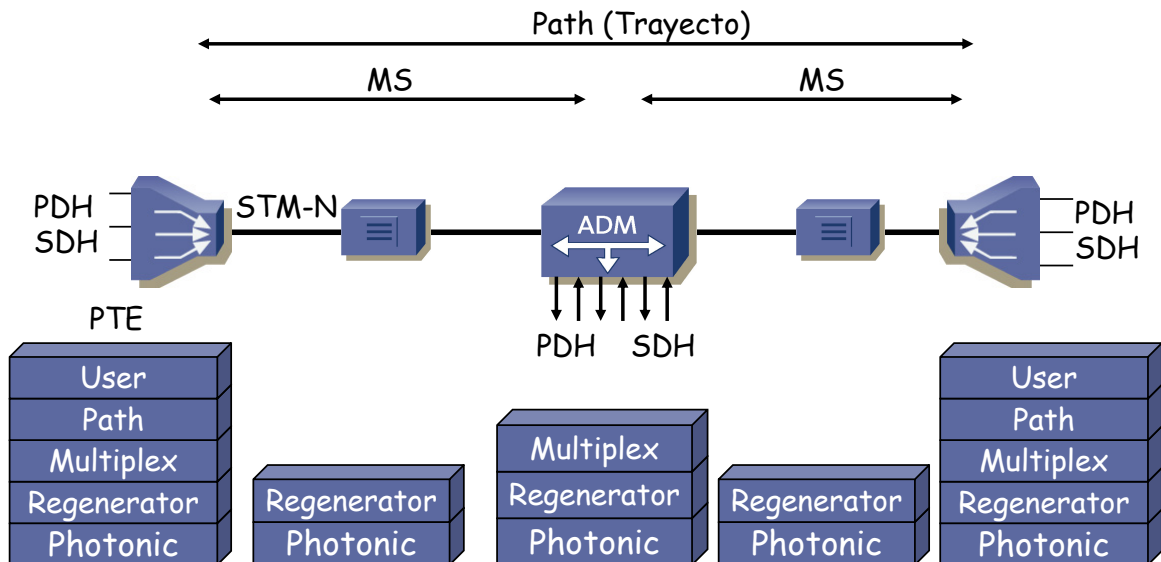
Elementos

- **PTE** : *Path Termination Element* (Elemento de Terminación de Trayecto)
- Hay trayectos de orden inferior y superior (34Mbps+)
- Trayecto entre donde se ensambla y desensambla la trama SDH
- Incluye el *Path OverHead* (POH)



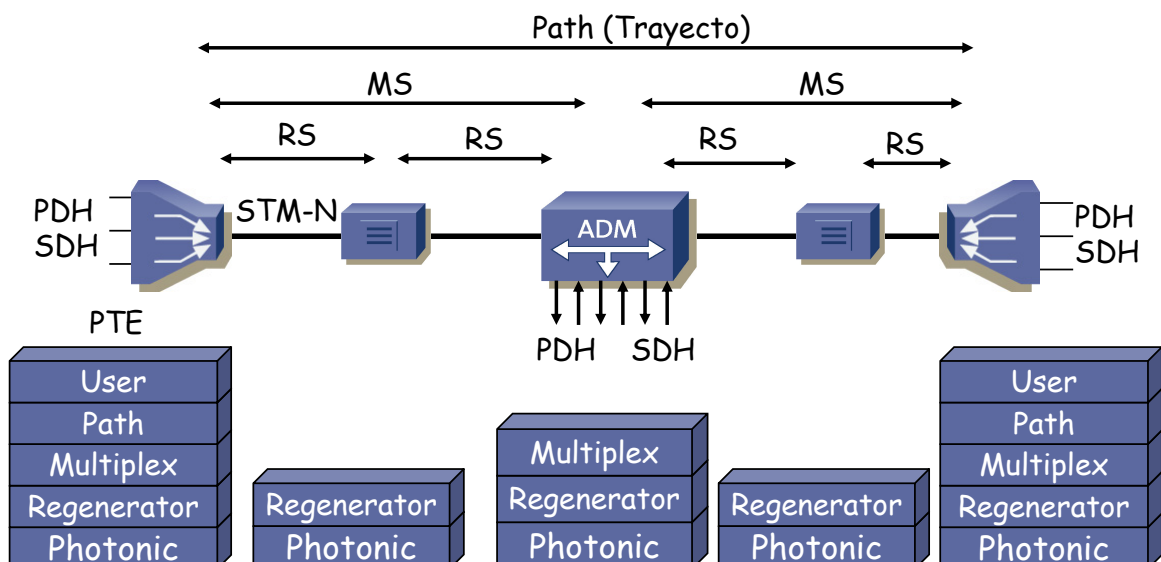
Elementos

- **MSTE** : *Multiplex Section-Terminating Element*
- **MS** : Sección de Multiplexación
- Transporte de información entre dos elementos de red consecutivos
- Incluyen y extraen los bytes de *Multiplex Section OverHead* (MSOH)



Elementos

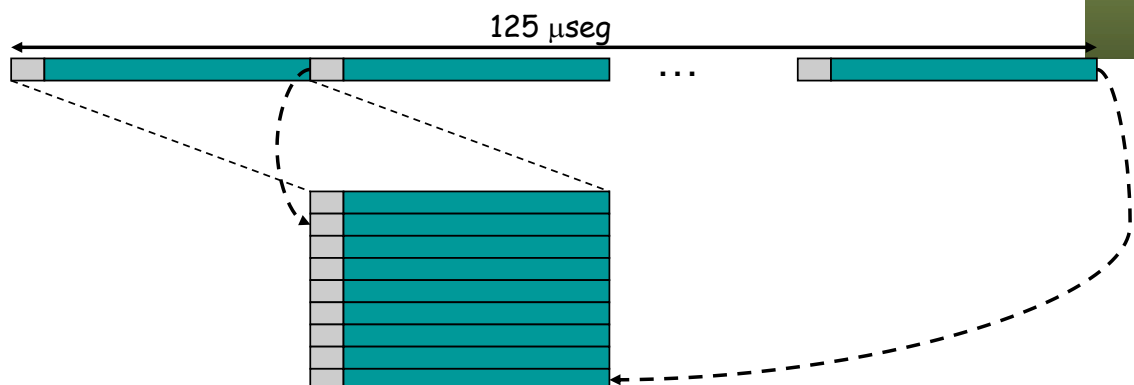
- **RSTE** : *Regenerator Section-Terminating Element*
- **RS** : *Regenerator Section* (Sección de Regeneración)
- Emplea el *Regenerator Section OverHead* (RSOH)



SDH: Trama

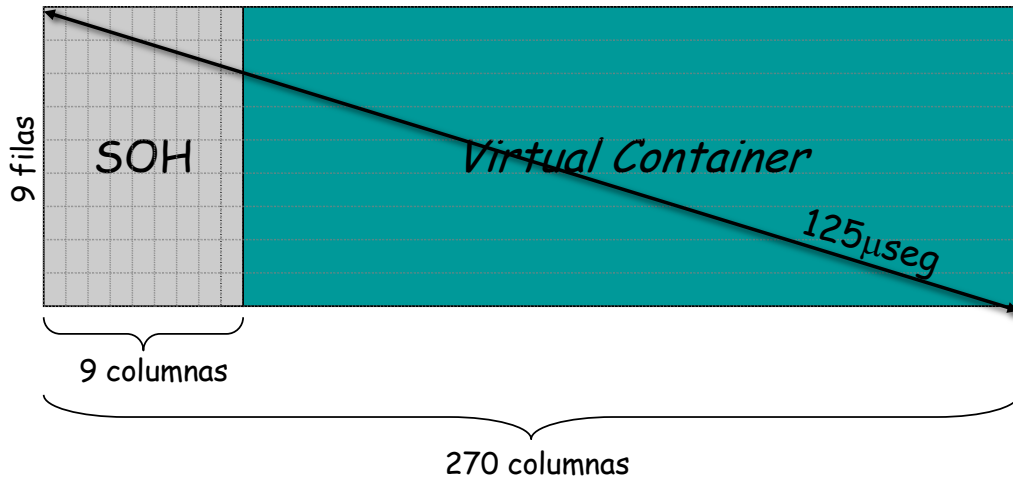
Transmisión de la trama

- La unidad básica es la trama STM-1
- Para cualquier velocidad (STM-N) la trama dura 125 μ seg
- 8.000 tramas/seg
- La menor unidad es un byte
- A 155.52 Mbps la trama de 2430 Bytes
- Hay 9 secciones con 9 bytes de sobrecarga
- Se suele representar la trama en forma matricial o rectangular (...)



Estructura de la trama STM-1

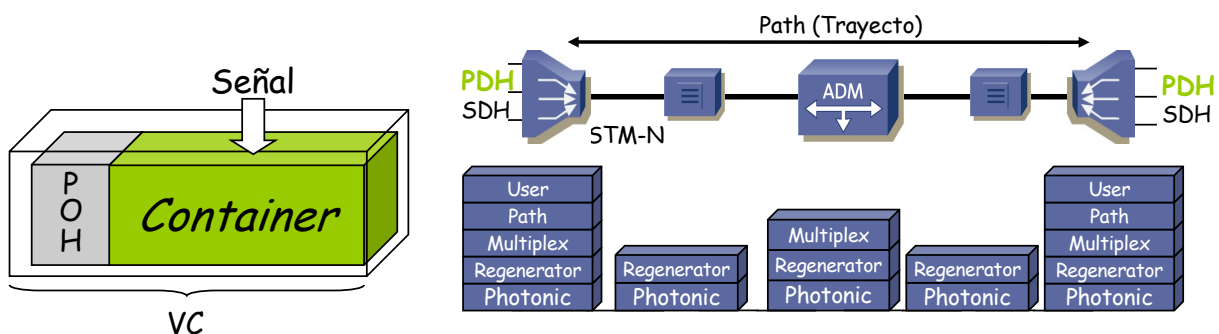
- 1 byte \Rightarrow 64Kbps
- 64Kbps x 9 filas x 270 columnas = 155.52Mbps
- SOH = *Section OverHead* (9 columnas)
- STM-N: duración de 125 μ seg, 9 filas, Nx270 columnas



Entramado

- Las señales PDH se introducen dentro de un *Container SDH* de capacidad suficiente \Rightarrow Contenedor + *Path OverHead (POH)* = *Virtual Container (VC)*
- La señal PDH se inserta de manera *asíncrona* (modo flotante)
- Se permite que la velocidad binaria fluctúe dentro de unos márgenes (recorad que la P es de Plesiócrono)

| Contenedor | Velocidad (Kbps) | Ejemplos de cargas útiles PDH |
|------------|------------------|-------------------------------|
| C-12 | 2176 | 2048Kbps (E1) |
| C-2 | 6912 | 6Mbps (T2) |
| C-3 | 49536 | 45Mbps (T3) ó 34Mbps (E3) |
| C-4 | 149760 | 140Mbps (E4) |

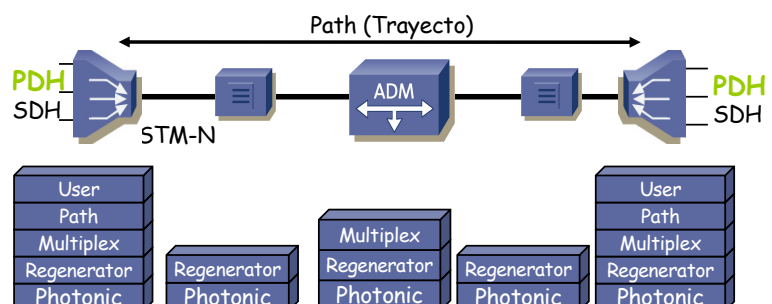
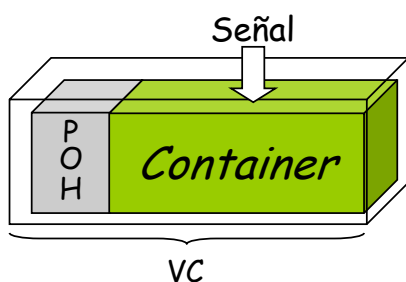


SDH: Estructura de multiplexación

Entramado

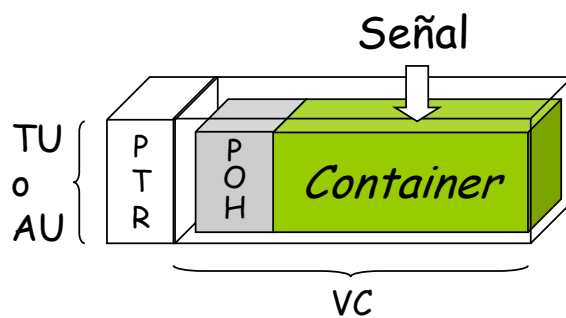
- Las señales PDH se introducen dentro de un *Container SDH* de capacidad suficiente \Rightarrow Contenedor + *Path OverHead (POH)* = *Virtual Container (VC)*
- La señal PDH se inserta de manera *asíncrona* (modo flotante)
- Se permite que la velocidad binaria fluctúe dentro de unos márgenes (recordad que la P es de Plesiócrono)

| Contenedor | Velocidad (Kbps) | Ejemplos de cargas útiles PDH |
|------------|------------------|-------------------------------|
| C-12 | 2176 | 2048Kbps (E1) |
| C-2 | 6912 | 6Mbps (T2) |
| C-3 | 49536 | 45Mbps (T3) ó 34Mbps (E3) |
| C-4 | 149760 | 140Mbps (E4) |



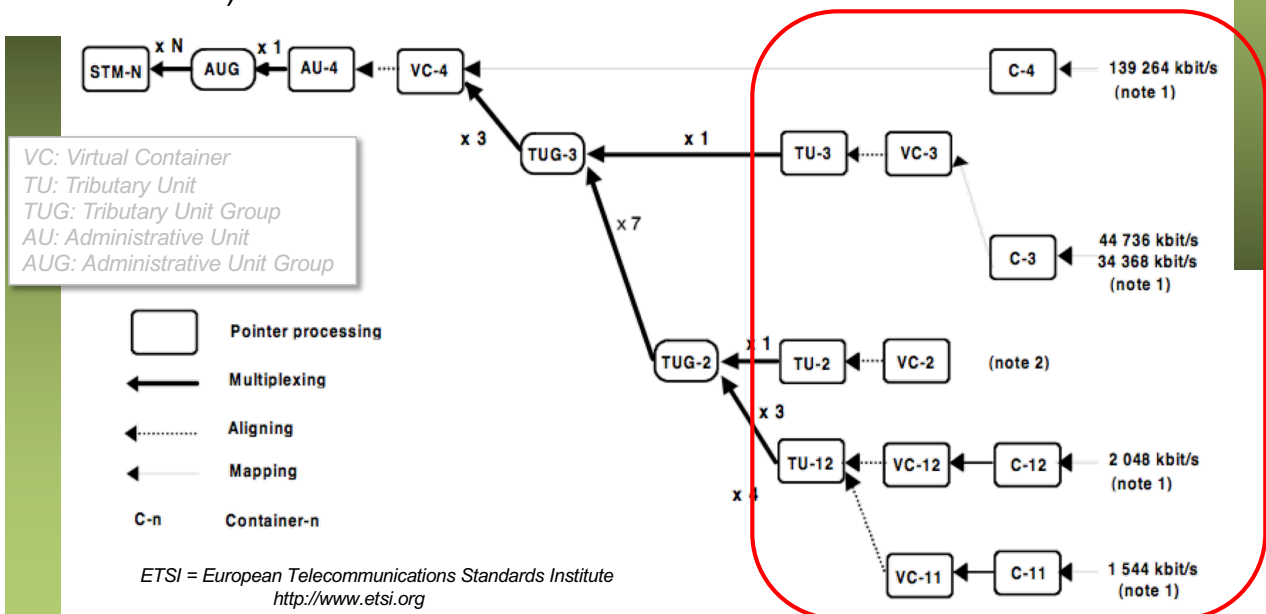
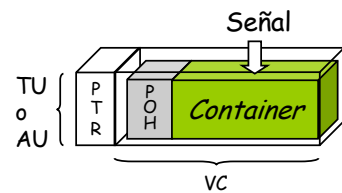
Entramado

- Un VC (*Virtual Container*) de orden inferior puede transportarse dentro de uno de orden superior pero la asincronía puede ser un problema
- Se localiza un VC dentro de otro gracias a un Puntero
- VC + Puntero = *Tributary Unit* (TU)
- (...)



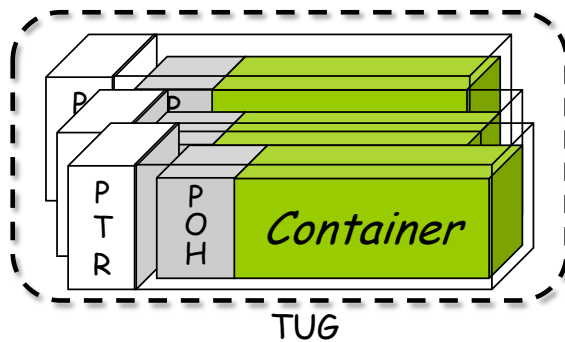
Estructura de multiplexación

- La trama STM-1 puede transportar diferentes combinaciones de *Virtual Containers* (VC)
- Estructura de multiplexación generalizada de ETSI (subconjunto de la estandarizada en G.707):



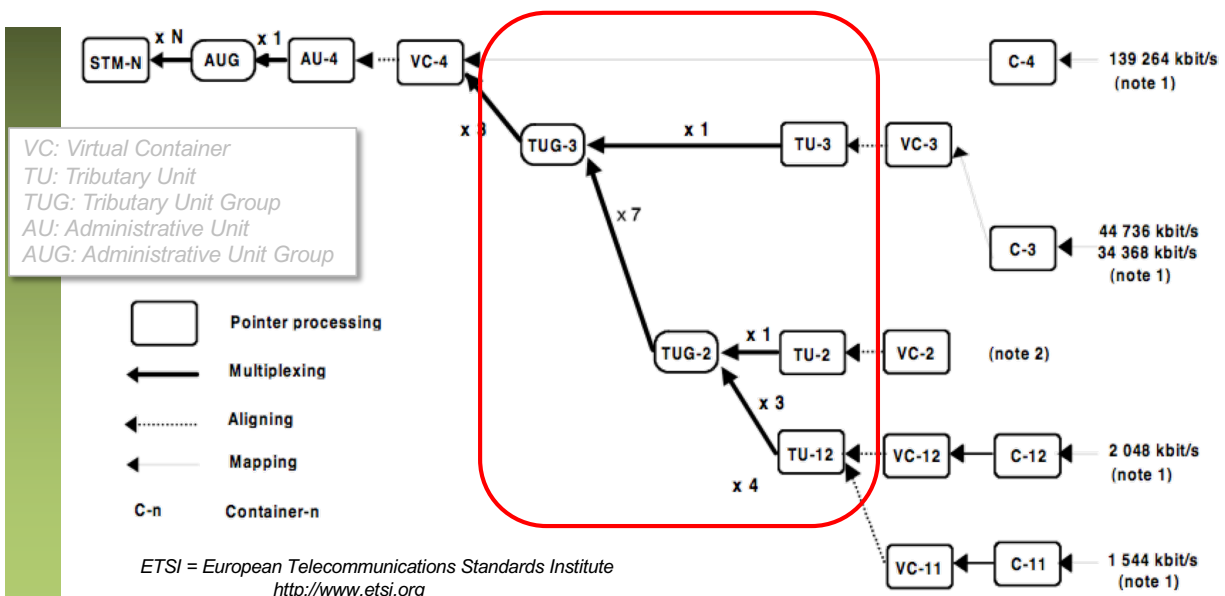
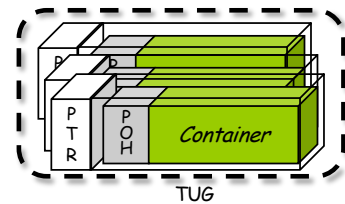
Entramado

- Un VC (*Virtual Container*) de orden inferior puede transportarse dentro de uno de orden superior pero la asincronía puede ser un problema
- Se localiza un VC dentro de otro gracias a un Puntero
- VC + Puntero = *Tributary Unit* (TU)
- Varios TUs pueden agruparse en un *Tributary Unit Group* (TUG) sin mayor sobrecarga (es una agrupación solo en gestión)
- (...)



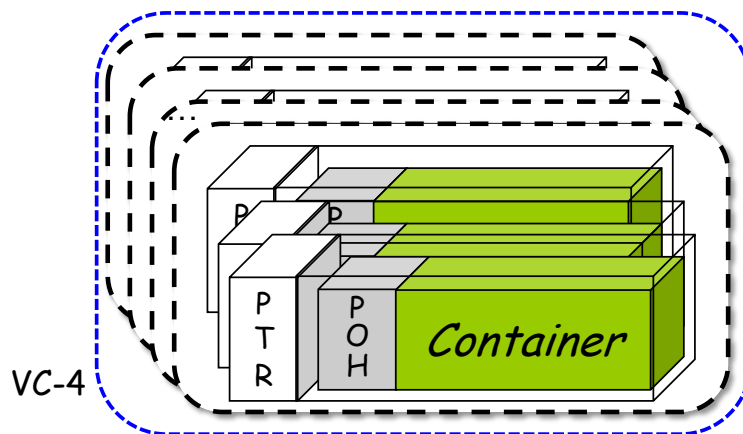
Estructura de multiplexación

- Varios TUs pueden agruparse en un *Tributary Unit Group* (TUG) sin mayor sobrecarga (es una agrupación solo en gestión)



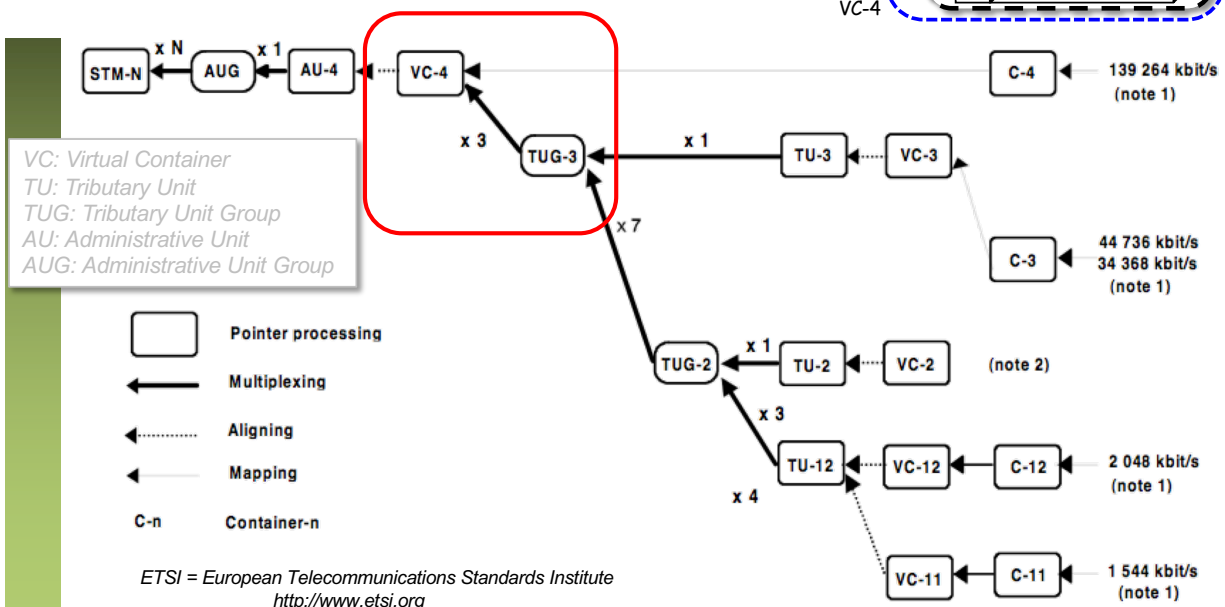
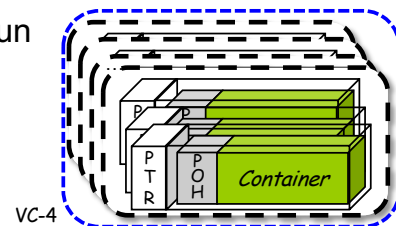
Entramado

- Un VC (*Virtual Container*) de orden inferior puede transportarse dentro de uno de orden superior pero la asincronía puede ser un problema
- Se localiza un VC dentro de otro gracias a un Puntero
- VC + Puntero = *Tributary Unit* (TU)
- Varios TUs pueden agruparse en un *Tributary Unit Group* (TUG) sin mayor sobrecarga (es una agrupación solo en gestión)
- Agrupando TUGs se llega a formar un Contenedor de orden superior (VC-4)
- (...)



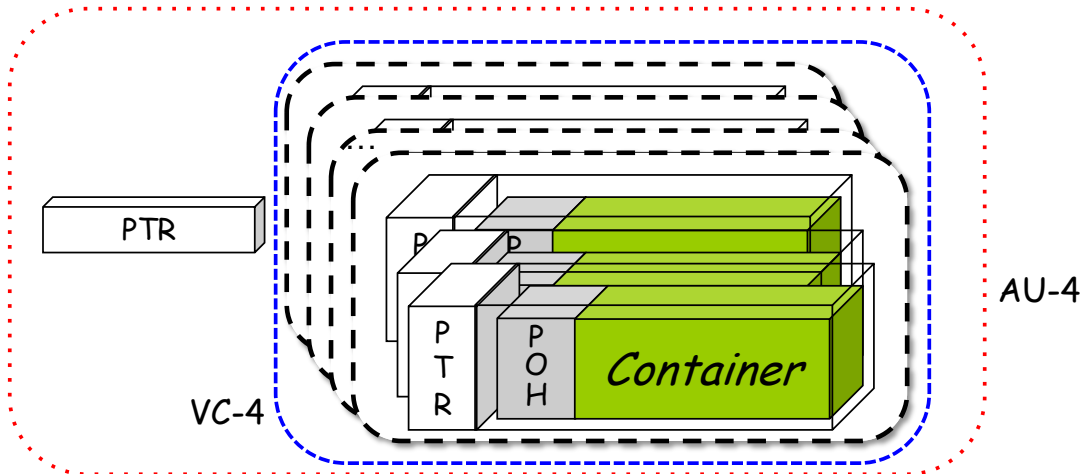
Estructura de multiplexación

- Agrupando TUGs se llega a formar un Contenedor de orden superior (VC-4)



Entramado

- Un VC (*Virtual Container*) de orden inferior puede transportarse dentro de uno de orden superior pero la asincronía puede ser un problema
- Se localiza un VC dentro de otro gracias a un Puntero
- VC + Puntero = *Tributary Unit* (TU)
- Varios TUs pueden agruparse en un *Tributary Unit Group* (TUG) sin mayor sobrecarga (es una agrupación solo en gestión)
- Agrupando TUGs se llega a formar un Contenedor de orden superior (VC-4)
- El VC-4 junto con un puntero forma la *Administrative Unit* (AU-4) (...)



Estructura de multiplexación

- El VC-4 junto con un puntero forma la *Administrative Unit* (AU-4)

