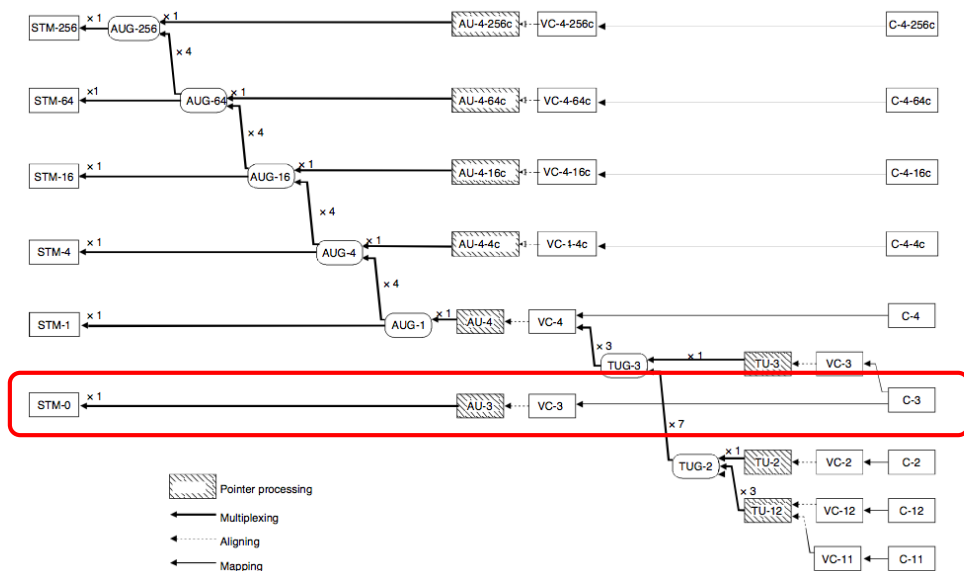


SDH: Contenido posible de la trama STM-1

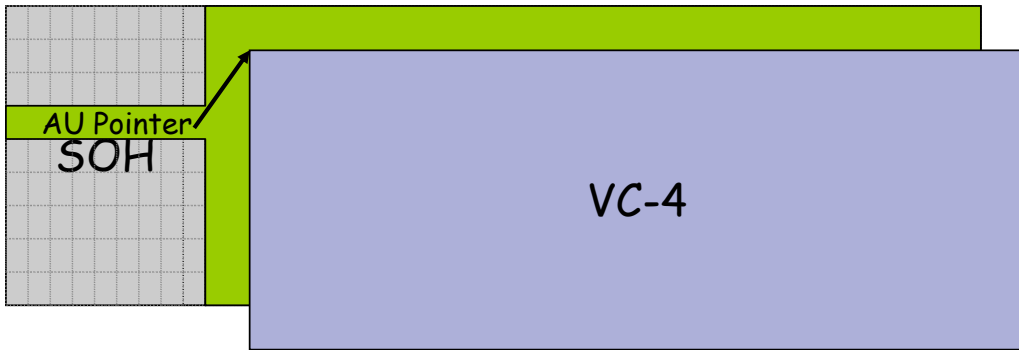
Estructura de la trama STM-1

- Un STM-1 transporta un AUG (*Administrative Units Group*)
- Según G.707 un AUG puede transportar
 - Un AU-4 ó
 - Tres AU-3
- ETSI recomienda solo la primera alternativa (¿Por qué?)



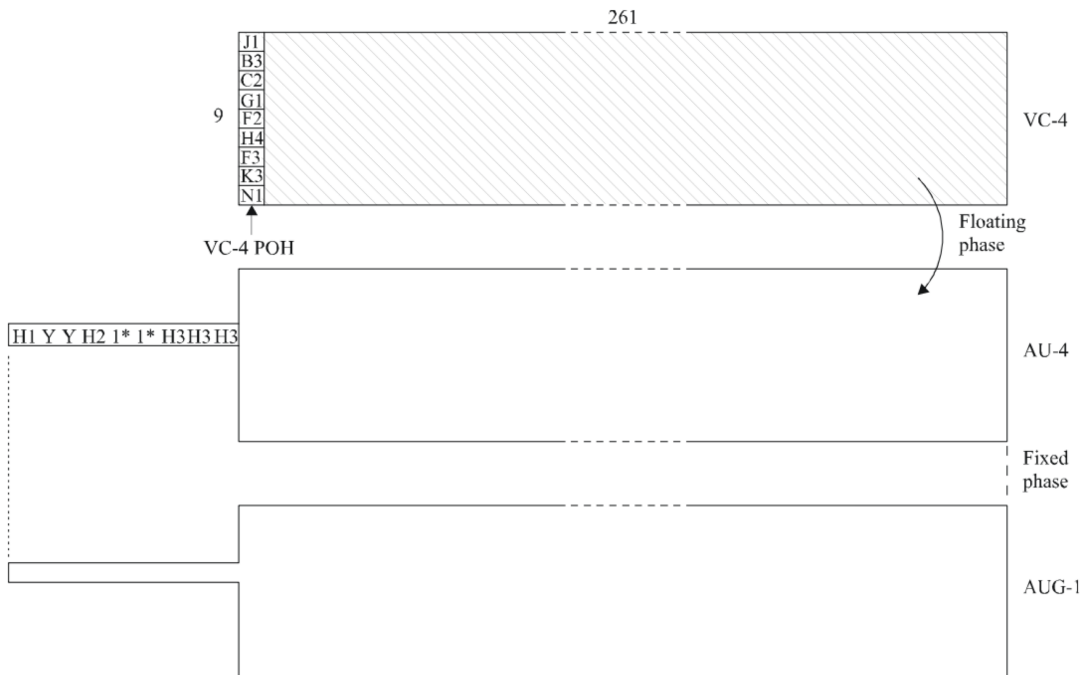
Estructura de la trama STM-1

- El AU-4 transporta un VC-4
- El VC-4 asociado al AU-4 no tiene una fase fija dentro de la trama STM-1
- La ubicación del primer byte del VC-4 viene indicada por el puntero del AU-4



VC: Virtual Container
 TU: Tributary Unit
 TUG: Tributary Unit Group
 AU: Administrative Unit
 AUG: Administrative Unit Group

STM-1 con un AU-4



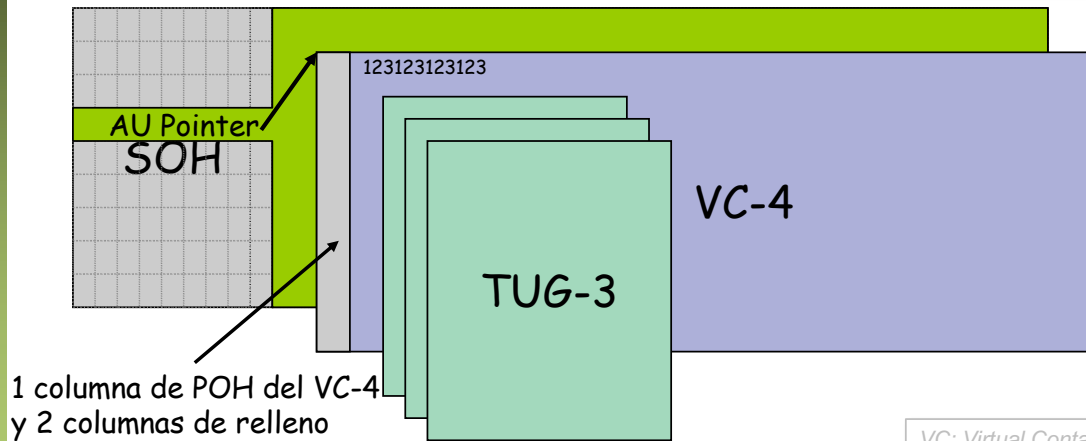
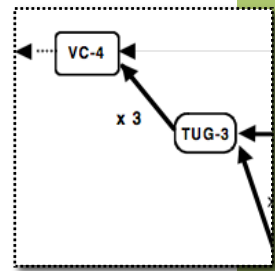
G.707-Y.1322_F7-3

1* All 1s byte
 Y 1001 SS11 (S bits are unspecified)

Figure 7-3 – Multiplexing of AU-4 via AUG-1

Estructura de la trama STM-1

- El VC-4 puede contener un C-4 o tres TUG-3
- Un TUG-3 tiene 9 filas x 86 columnas
- Los TUG-3 están entrelazados por bytes
- Se numeran #1, #2 y #3



VC: Virtual Container
TU: Tributary Unit
TUG: Tributary Unit Group
AU: Administrative Unit
AUG: Administrative Unit Group

TUG-3s en un VC-4

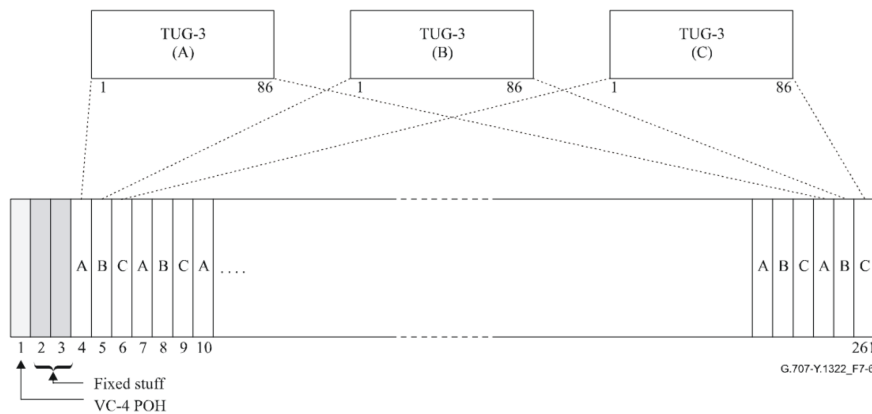


Figure 7-6 – Multiplexing of three TUG-3s into a VC-4

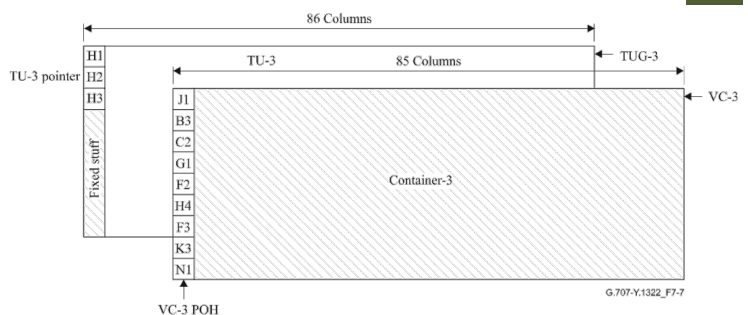
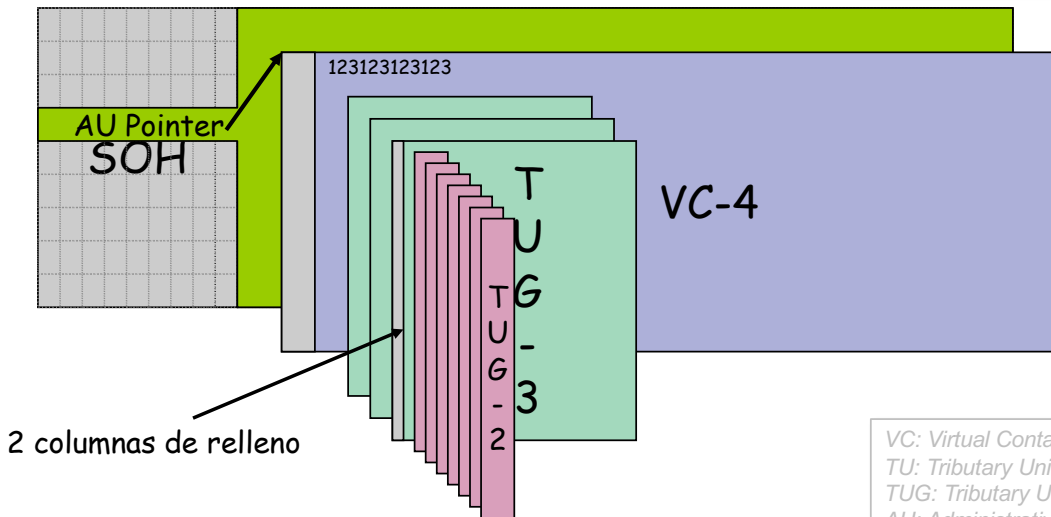
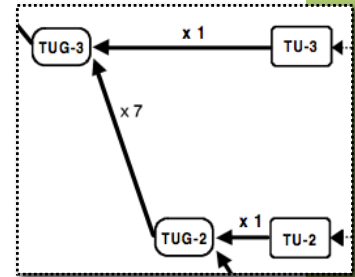


Figure 7-7 – Multiplexing of a TU-3 via a TUG-3

Estructura de la trama STM-1

- El TUG-3 puede contener un TU-3 ó 7 TUG-2
- Un TUG-2 tiene 9 filas x 12 columnas
- Los TUG-2 están entrelazados por bytes
- Se numeran de #1 a #7



VC: Virtual Container
 TU: Tributary Unit
 TUG: Tributary Unit Group
 AU: Administrative Unit
 AUG: Administrative Unit Group

TUG-2s en un TUG-3

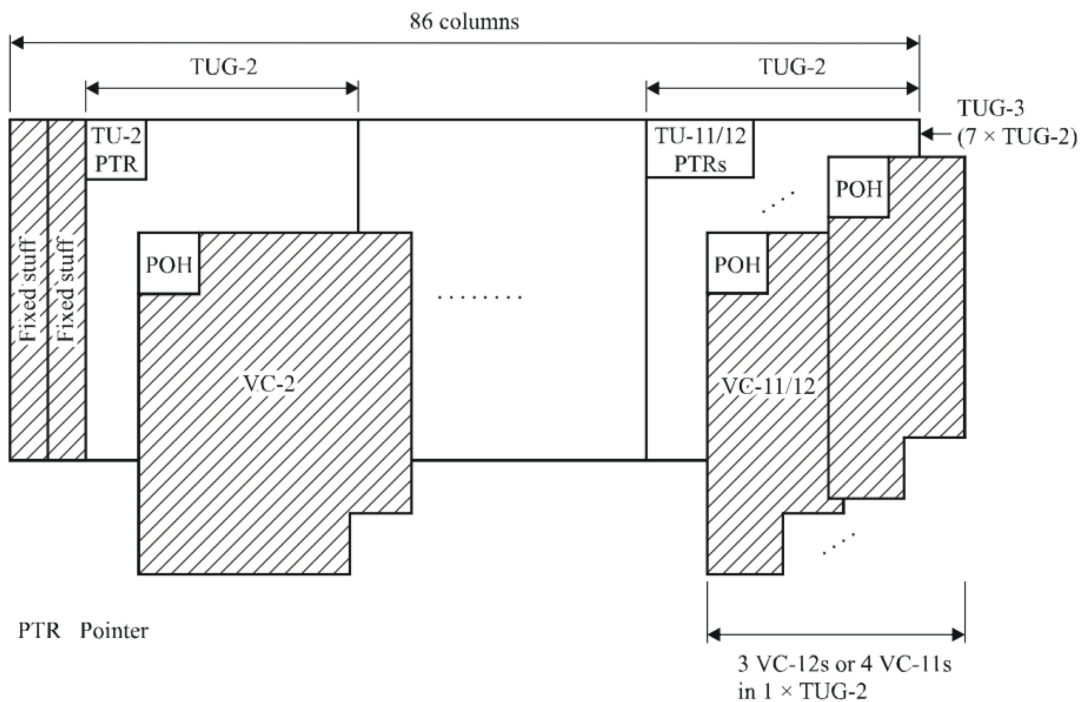
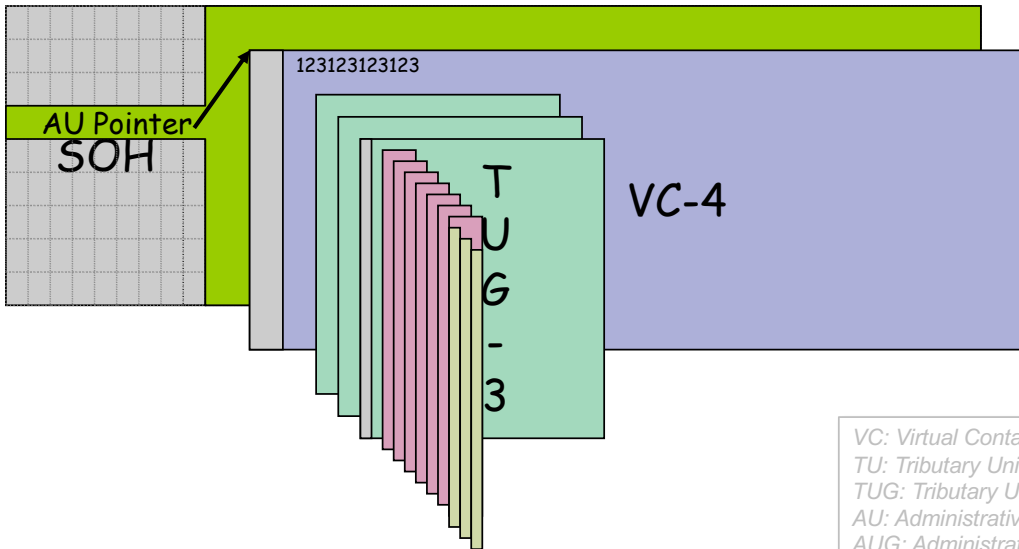
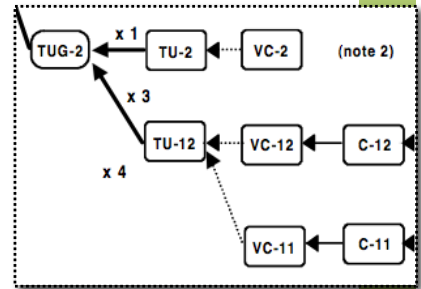


Figure 7-8 – Multiplexing of seven TUG-2s via a TUG-3

Estructura de la trama STM-1

- El TUG-2 puede contener 3 TU-12
- Un TU-12 tiene 9 filas x 4 columnas
- Los TU-12 están entrelazados por bytes
- Se numeran de #1 a #3



VC: Virtual Container
 TU: Tributary Unit
 TUG: Tributary Unit Group
 AU: Administrative Unit
 AUG: Administrative Unit Group

TU-12 en un TUG-3

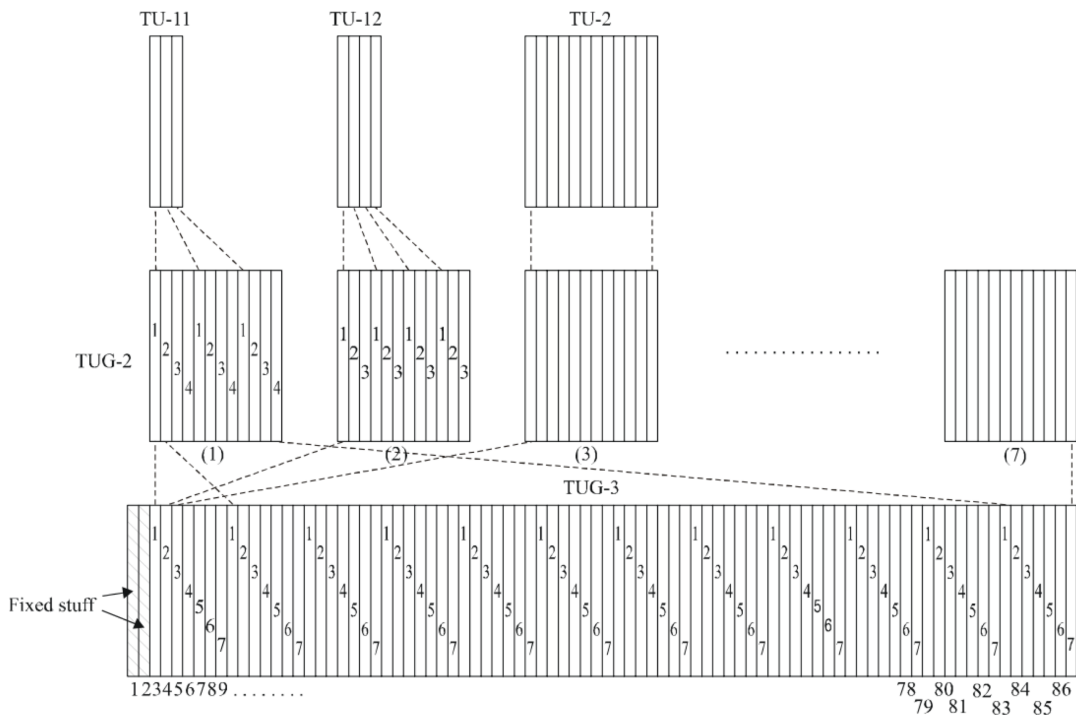
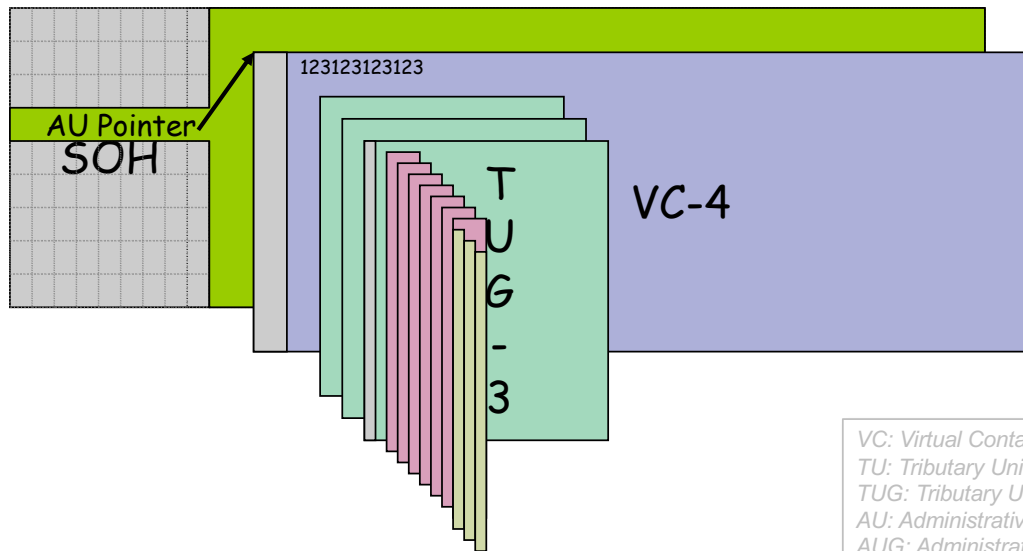


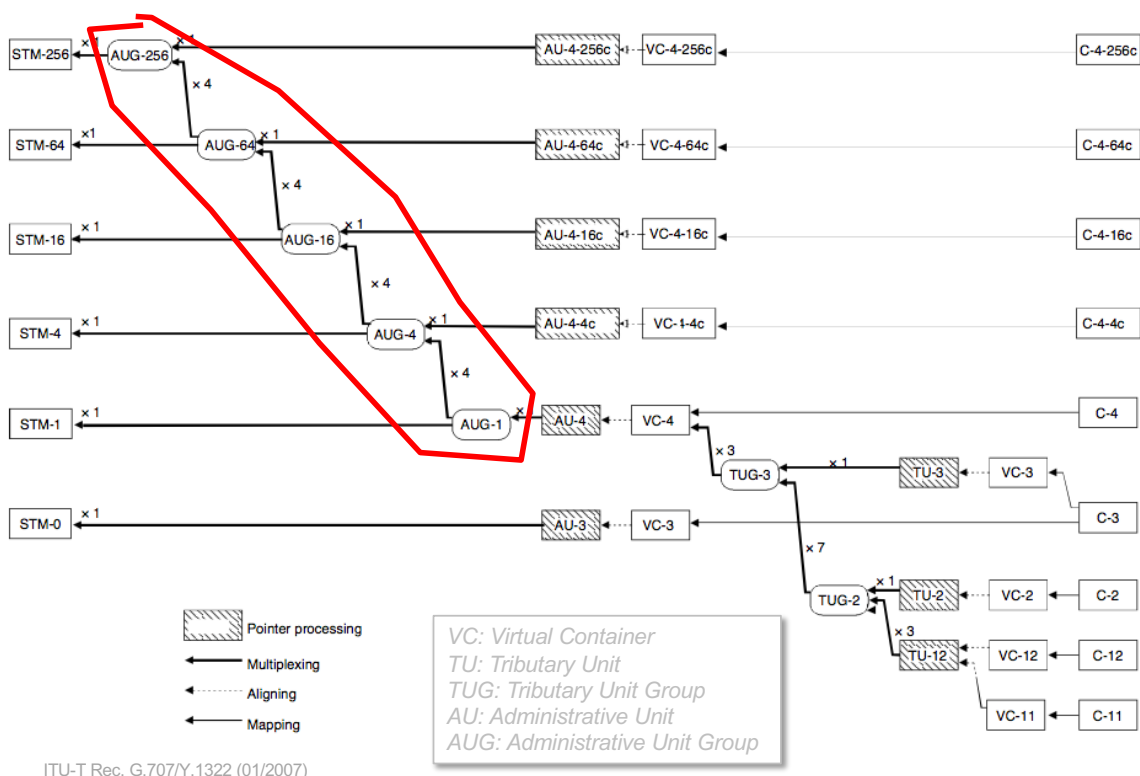
Figure 7-9 – Multiplexing of seven TUG-2s via a TUG-3

Estructura de la trama STM-1

- En 1 STM-1:
 - 1 señal de 140Mbps (E4) ó
 - 3 señales de 34/45 Mbps (E3/T3)
- Cada VC-3 puede sustituirse por 21 señales de 2Mbps (E1)

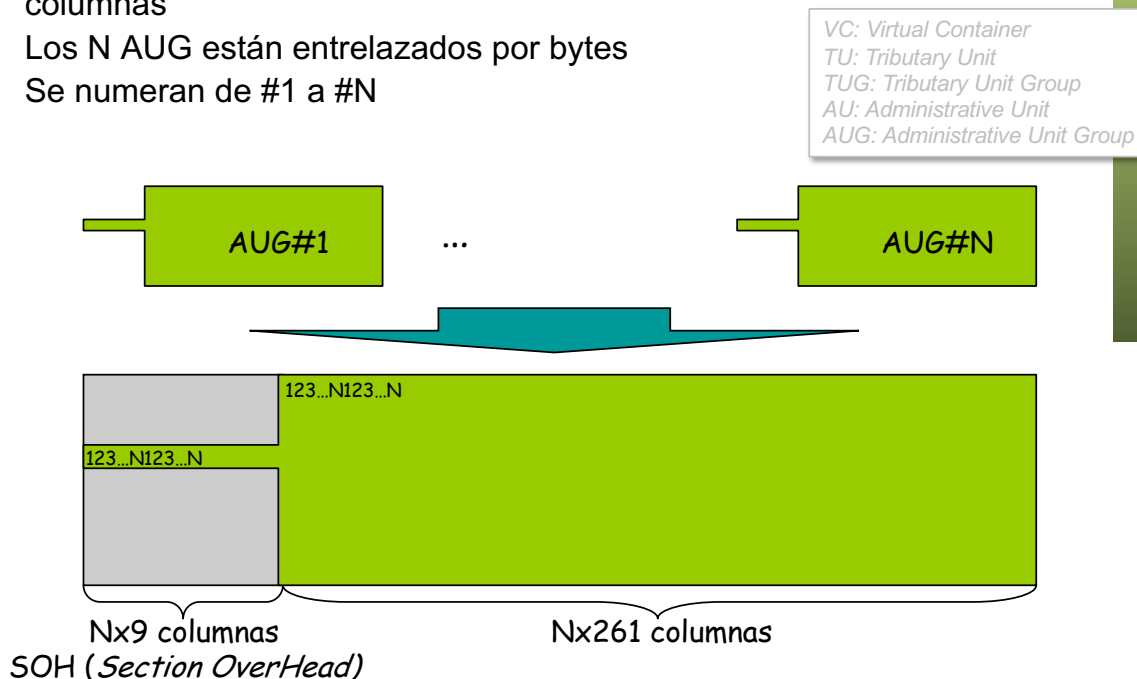


Estructura de multiplexación STM-N



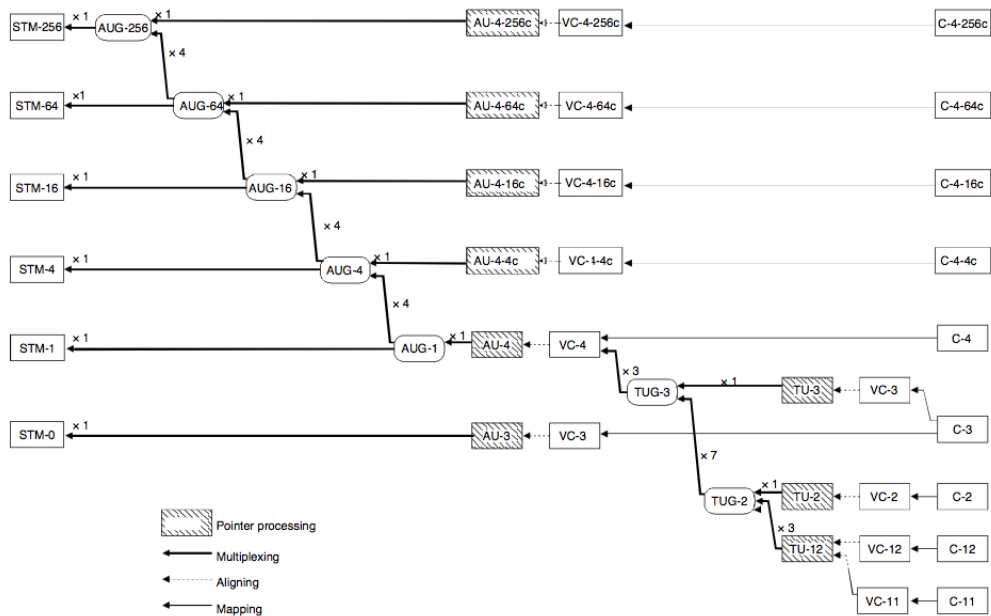
Multiplexación en STM-N

- Un AUG tiene 9 filas x 261 columnas más 9 bytes en la fila 4 (el puntero)
- El STM-N contiene una SOH de Nx9 columnas y un payload de Nx261 columnas
- Los N AUG están entrelazados por bytes
- Se numeran de #1 a #N



Concatenación (contigua)

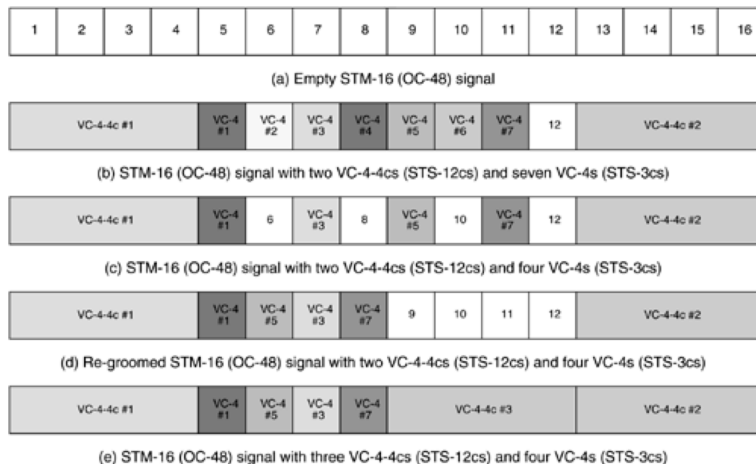
- Existen contenedores de orden superior (C-4-Nc)
- Crean un VC-4-Nc (N=4, 16, 64, 256, etc)
- Es una sola unidad a la hora de conmutarlo por la red



Concatenación en sección 11 de G.707 (01/2007)

Concatenación (contigua)

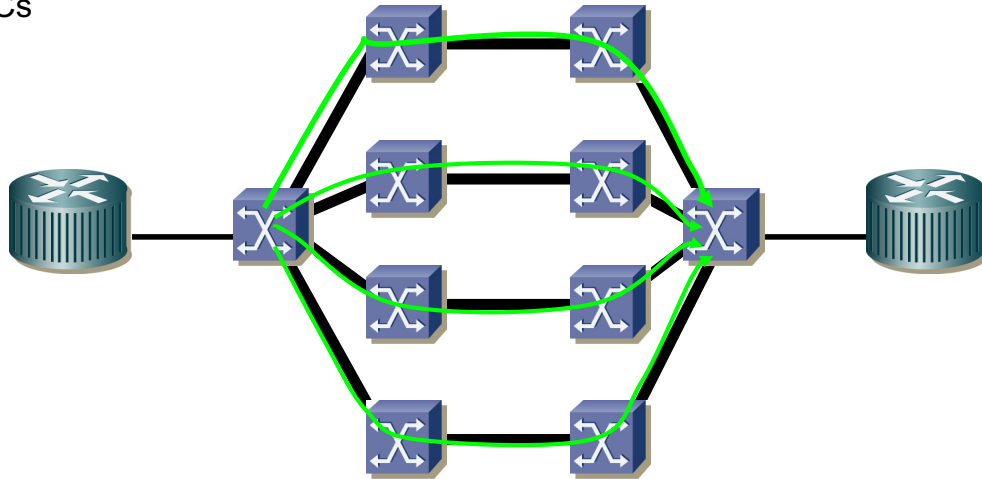
- El espacio que ocupan en la trama debe ser el equivalente a N contenedores virtuales VC-4 contiguos
- En el ejemplo siguiente:
 - En el caso (b) los VC-4 no utilizados (6, 8, 10 y 12) no son contiguos
 - En el (d) sí son contiguos 9, 10, 11 y 12 (hemos cambiado de *timeslot* los VC-4 número #5 y #7, esto se llama *regrooming*)
- Algunos fabricantes sí permiten que no sean contiguos o incluso no sean múltiplo de 4



Concatenación en sección 11 de G.707 (01/2007)

Concatenación virtual

- Se pueden concatenar X tributarios (TUs) para formar un VC-X-v
- El resultado es un *Virtual Concatenation Group* (VCG), típicamente un VC-12-Xv ($X=1\dots64$) aunque podría ser un VC-4-Xv o VC-3-Xv
- Debe soportar al menos diferencias de delay de $125\mu\text{s}$ (hasta 256ms)
- La inteligencia de la concatenación está en los extremos
- Cada VC puede encaminarse independientemente
- Soporta incremento y reducción de la capacidad añadiendo o retirando VCs



Concatenación en sección 11 de G.707 (01/2007)

Concatenación virtual

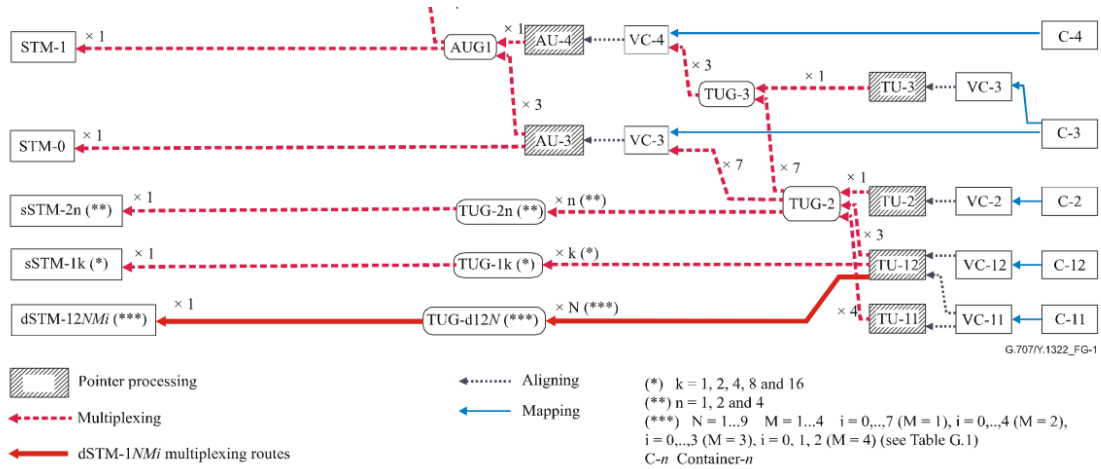
- Se pueden concatenar X tributarios (TUs) para formar un VC-X-v
- El resultado es un *Virtual Concatenation Group* (VCG), típicamente un VC-12-Xv ($X=1\dots64$) aunque también podría ser un VC-4-Xv
- La inteligencia de la concatenación está en los extremos
- Cada VC puede encaminarse independientemente
- Soporta incremento y reducción de la capacidad añadiendo o retirando VCs
- LCAS (*Link Capacity Adjustment Scheme*):
 - ITU-T G.7042
 - Permite incrementar y reducir la capacidad añadiendo o retirando VCs mientras el grupo está en funcionamiento
 - Puede decrementar automáticamente la capacidad si uno de los miembros falla
 - Puede ser diferente la velocidad en cada sentido
- El extremo final reordena las tramas (diferente delay) con información de la cabecera SDH



Concatenación en sección 11 de G.707 (01/2007)

Y aún hay más...

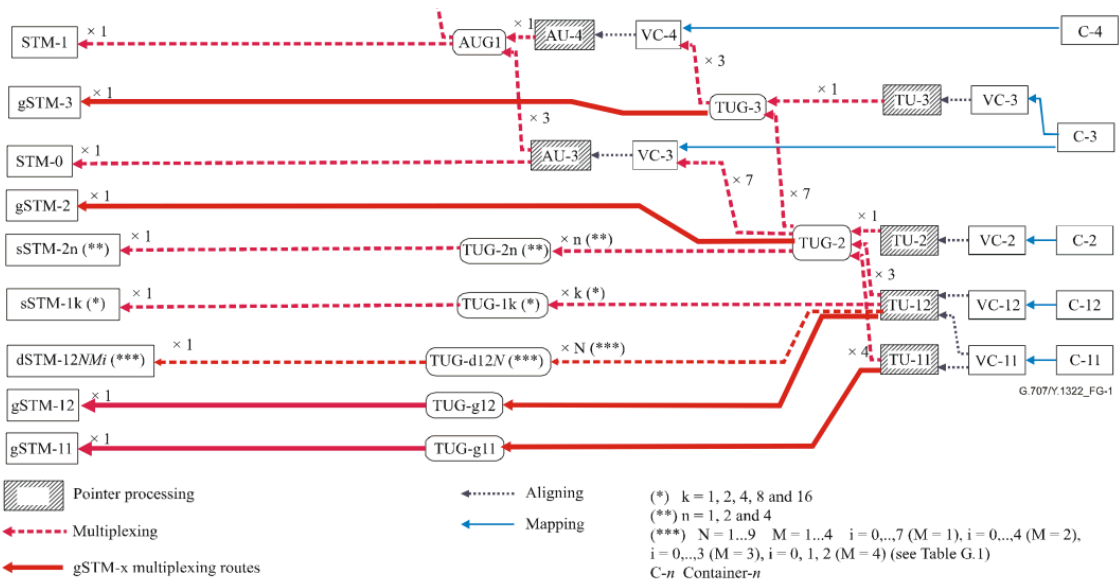
- Para transporte sobre ciertos DSLs (SHDSL)



ITU-T Rec. G.707/Y.1322 (01/2007)

Y aún hay más...

- Para transporte sobre ciertas PONs (G-PON)

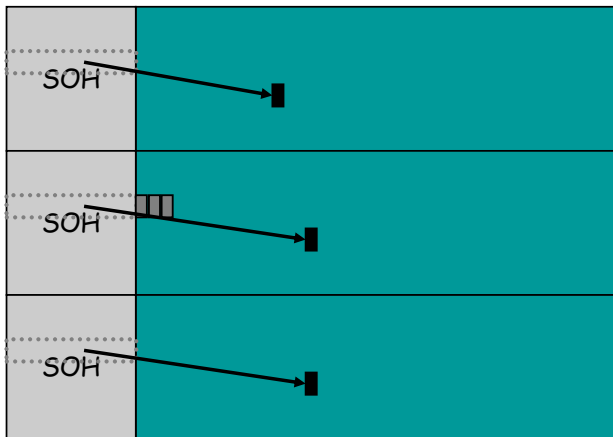


NOTE – This figure is informative and shows the additional gSTM-*x* multiplexing routes.

ITU-T Rec. G.707/Y.1322 (01/2007)

Empleo del puntero

- Con los bytes H1 y H2 se designa la ubicación del octeto en donde comienza el VC-4
- Miden relativo al final del puntero (0 quiere decir que el VC-4 comienza tras el último byte H3)
- Mide en palabras de 3 bytes
- Si la **velocidad** del AUG (contenedor) es **más rápida** que el VC-4 (contenido):
 - El VC-4 se va “retrasando”
 - El puntero aumenta en 1 periódicamente
 - Se introducen 3 bytes de relleno tras el puntero

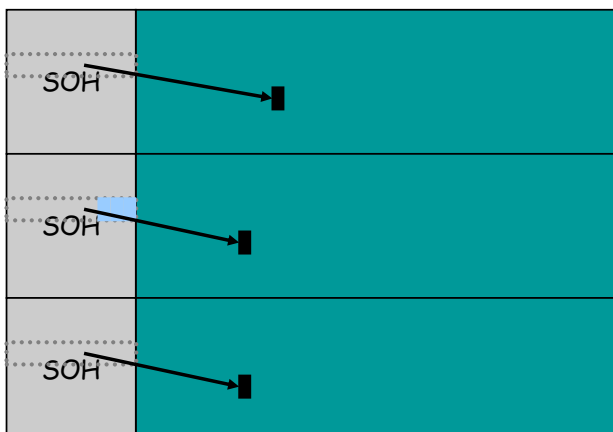


Justificación
Positiva

(Ver sección 8.1.3 de G.707 01/2007)

Empleo del puntero

- Con los bytes H1 y H2 se designa la ubicación del octeto en donde comienza el VC-4
- Miden relativo al final del puntero (0 quiere decir que el VC-4 comienza tras el último byte H3)
- Mide en palabras de 3 bytes
- Si la **velocidad** del AUG (contenedor) es **más lenta** que el VC-4 (contenido):
 - El VC-4 se va “adelantando”
 - El puntero disminuye en 1 periódicamente
 - Se emplean los tres bytes H3 para ajustar el desfase
- Existe puntero en todos los TUs. Por ejemplo para localizar un VC-12



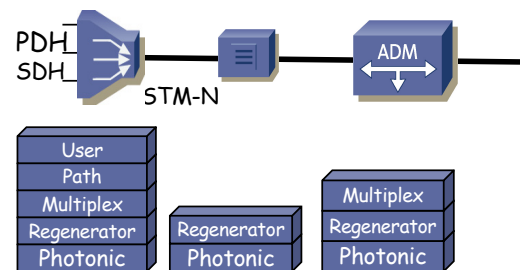
Justificación
Negativa

(Ver sección 8.1.3 de G.707 01/2007)

SOH, algunas funcionalidades

- A1 y A2 : Marcan el comienzo de la trama, no sufren *scrambling* (11110110 00101000)
- B1 : para la supervisión de errores. Paridad par (BIP-8) de la trama anterior
- Δ : Uso depende del medio
- E1 y E2 : canales de órdenes de voz auxiliares
- F1 : empleado por el usuario (por ejemplo conexiones temporales de canales de datos y voz)
- D1-D12 : Data Communications Channel (DCC)
 - 192kbps en la RS
 - 576kbps en la MS
- K1 y K2 (bits 1-5): Señalización en la MS para APS (*Automatic Protection Switching*)
- K2 (bits 6-8): La indicación de defecto distante de sección de multiplexación (MS-RDI) devuelve al extremo de transmisión la indicación de que recepción ha detectado un defecto o alarma.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0		
2	B1	Δ	Δ	E1	Δ		F1		
3	D1	Δ	Δ	D2	Δ		D3		
4	Punteros								
5	B2	B2	B2	K1			K2		
6	D4			D5			D6		
7	D7			D8			D9		
8	D10			D11			D12		
9	S1					M1	E2		



(Ver sección 9 de G.707 01/2007)

Protección en SDH

Protection vs Restoration

- *Protection* implica soluciones de backup precalculadas y preconfiguradas
- El tiempo de recuperación es muy corto
- Requiere reservar considerables recursos para la protección
- *Restoration* implica calcular la solución (camino alternativo) cuando se produce el fallo
- El fallo se comunica al NMS (*Network Management System*)
- El NMS calcula un camino alternativo y lo configura
- Mayores tiempo de recuperación



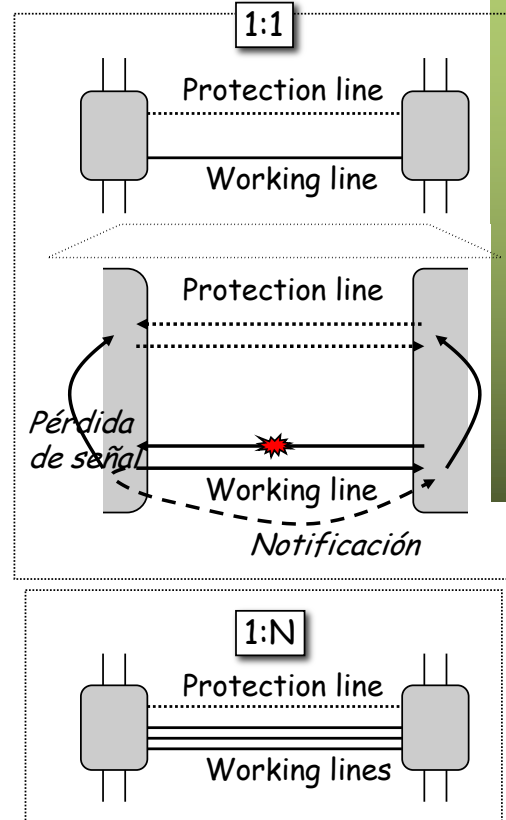
Automatic Protection Switching (APS)

- Recuperación automática ante fallos: pérdida de la señal, demasiado BER, etc.
- “Protección”: La solución está pre-calculada
- Acciones coordinadas mediante mensajes del protocolo APS
- Se emplean los bytes K para esta señalización
- Busca tiempos de recuperación de 50-60ms
- Con caminos muy largos el retardo de propagación puede hacer difícil conseguir esos tiempos
- STM-16 en 50ms: 14,8 MBytes
- Operadores buscan fiabilidad de “5 nueves”, es decir, un tiempo de funcionamiento del 99.999% (¿cuántos minutos de fallo al año se puede permitir?)



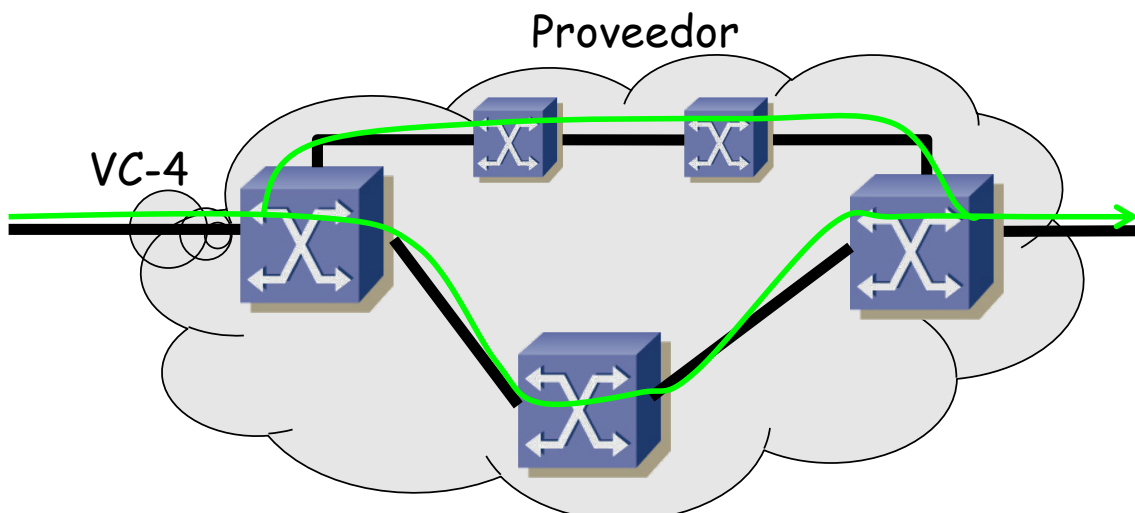
MSP (Multiplex Section Protection)

- Entre dos nodos
- Protección 1:1
 - Cada línea es protegida por otra
 - Si algo falla se pasa a usar el camino de protección
 - Cuando no se necesita la de protección se puede usar para tráfico extra
 - Tras recuperar el camino principal se puede volver a él (*revertive mode*)
- Normalmente se usan simultáneamente y se escoge la de mayor calidad (1+1)
- Protección 1:N
 - Varias líneas son protegidas por la misma
- También protección M:N
- Recuperación en 3-4 one-way delays + tiempo de procesamiento



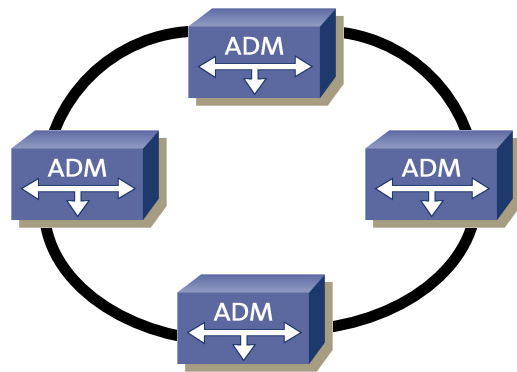
SNCP (Sub-Network Connection Protection)

- El objetivo es proteger **parte** del camino de una conexión
- Por ejemplo esa sección pasa por un proveedor que quiere protegerla
- Normalmente se soporta solo protección 1+1 unidireccional
- Es decir, la señal va por dos caminos diferentes y se selecciona la mejor
- Soportaría el fallo de un nodo si no está en ambos caminos



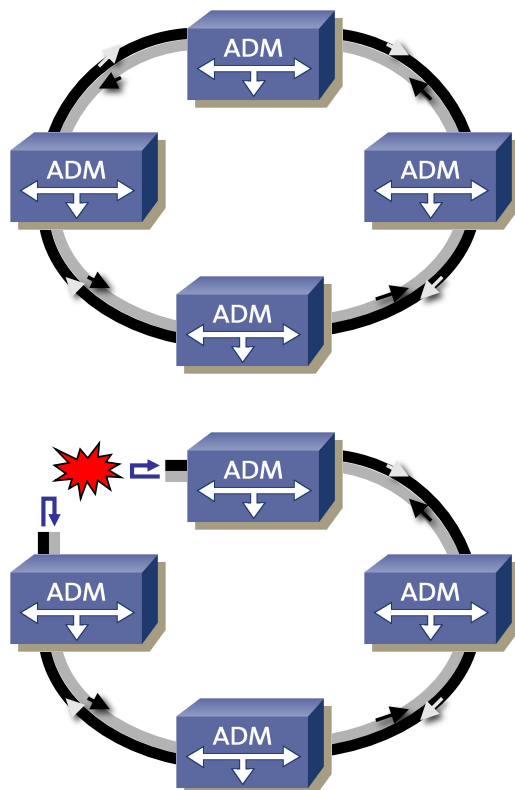
Anillos

- Perfectos para ADMs con solo 2 puertos de agregados
 - Más simples que DXCs
 - Más baratos que DXCs
 - Disponibles antes que DXCs
- ¡ Sencillas decisiones de encaminamiento !
- Existe un camino alternativo para protección
- Técnicas de protección:
 - MS-SP Ring
 - MS-DP Ring
 - SNCP Ring
 - etc.

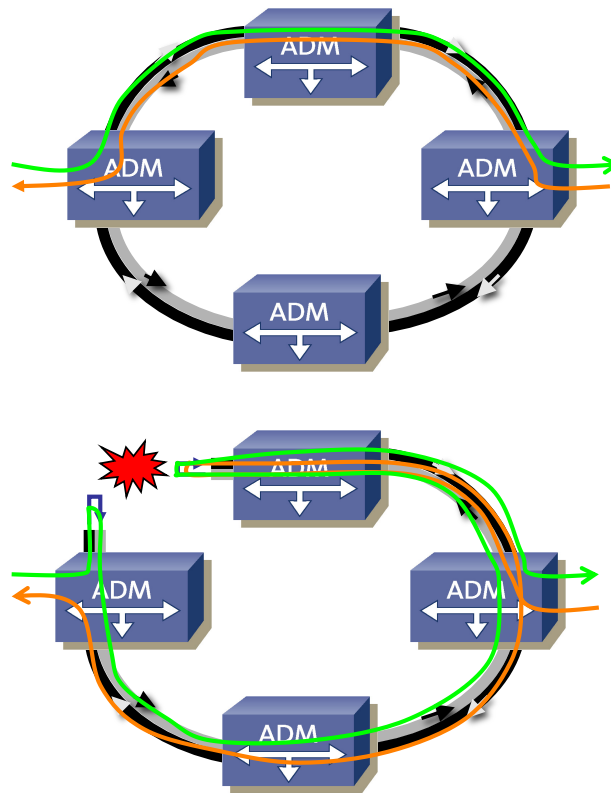


Ejemplo: MS-SP Ring

- *Multiplex Section - Shared Protection Ring*
- Se emplea solo **la mitad** de la capacidad en cada sentido (*clockwise* y *counterclockwise*)
- Máximo 16 nodos
- Ante un fallo:
 - Nodos adyacentes lo detectan
 - Devuelven el tráfico por el otro sentido
- Ejemplo con 2 fibras (...)



MS-SP Ring (Ejemplo)



Ejemplo de red

