

Topologías, señalización, control y protección en SDH

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

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

Temario

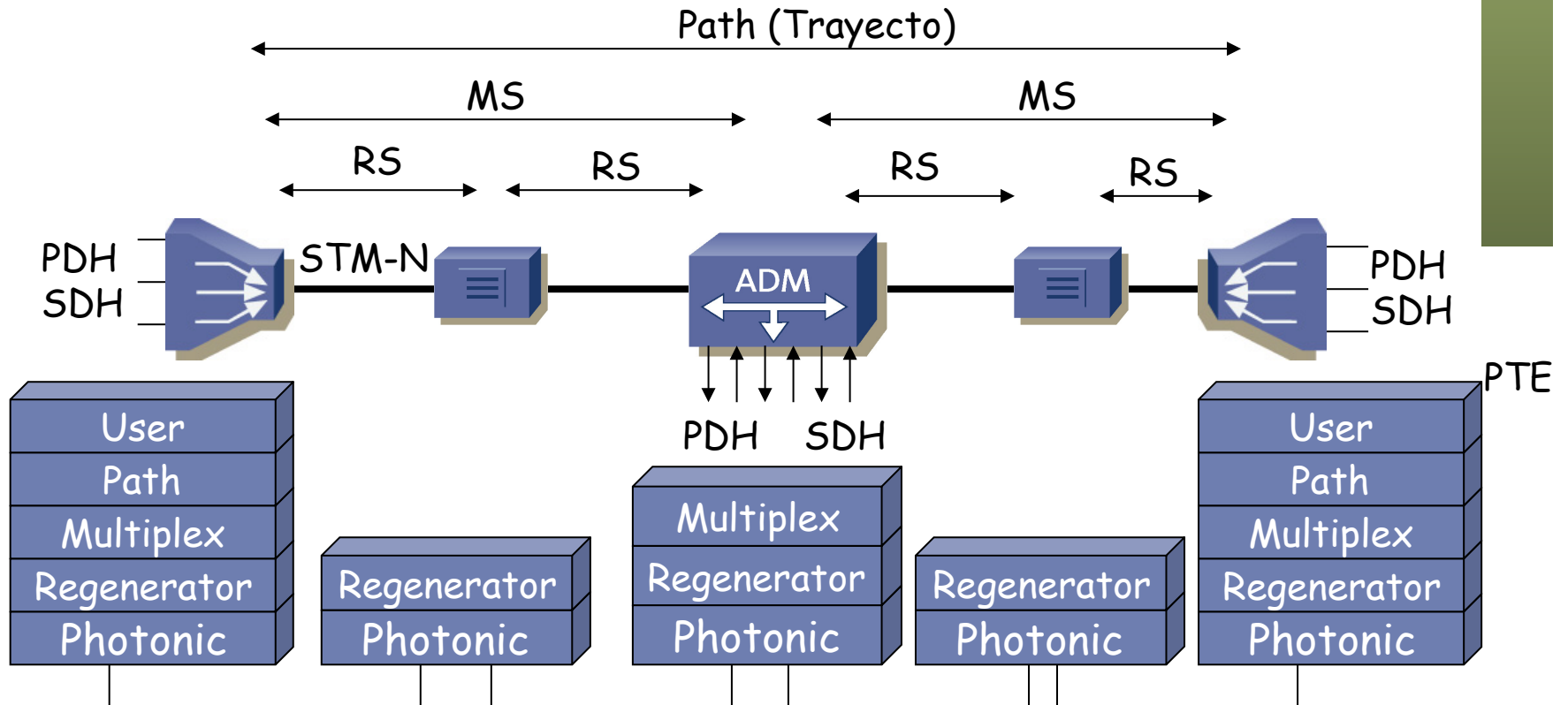
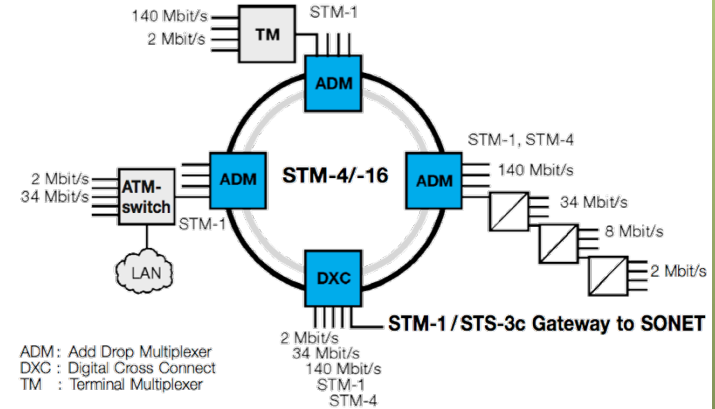
1. Introducción
2. Tecnologías LAN
- 3. Tecnologías WAN**
 1. Introducción
 2. PDH
 - 3. SDH**
 4. ATM
 5. MPLS
 6. Otros...
4. Redes de acceso

Objetivos

- Conocer las diferentes formas de transportar datos sobre SDH
- Conocer los esquemas básicos de protección en SDH

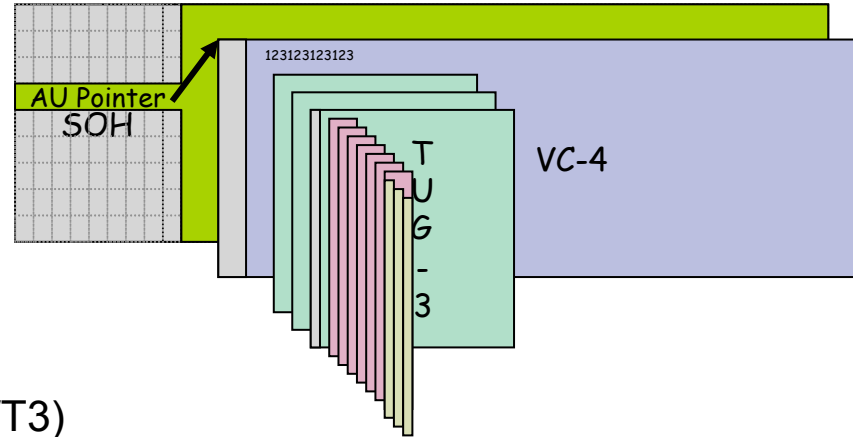
Hemos visto

- SONET/SDH conmutación de circuitos
- Se diseñó para transportar señales de 1.5, 2, 6, 34, 45 y 140 Mbps
- STM-N Nx155.52Mbps
- Secciones de regeneración, multiplexación y trayecto

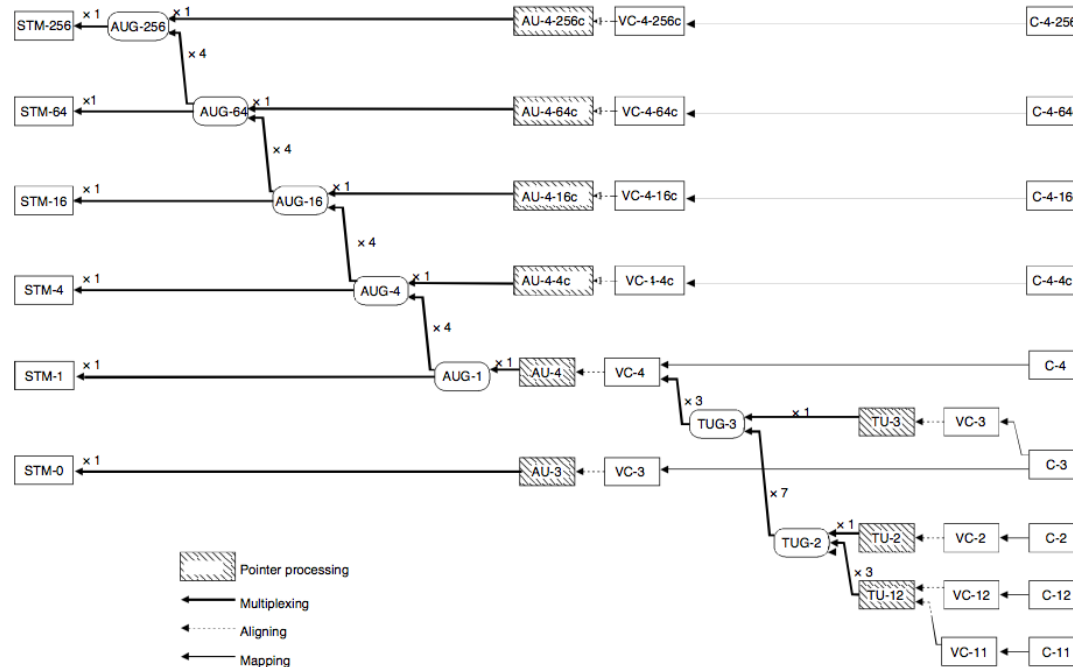


Hemos visto

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



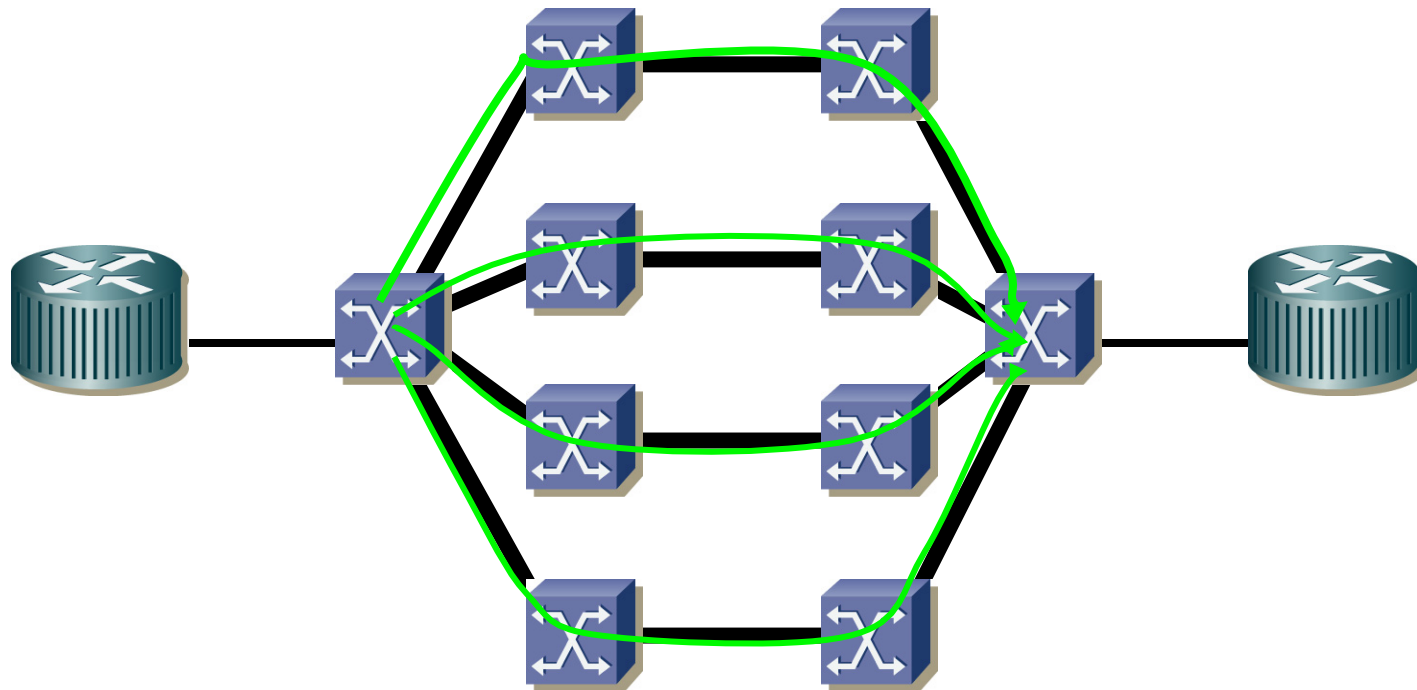
- En 1 STM-1:
 - 1 señal de 140Mbps (E4) ó
 - 3 señales de 34/45 Mbps (E3/T3)
- Cada VC-3 puede sustituirse por 21 señales de 2Mbps (E1)



Contenedores concatenados

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 ($X=1\dots64$)
- 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 virtual

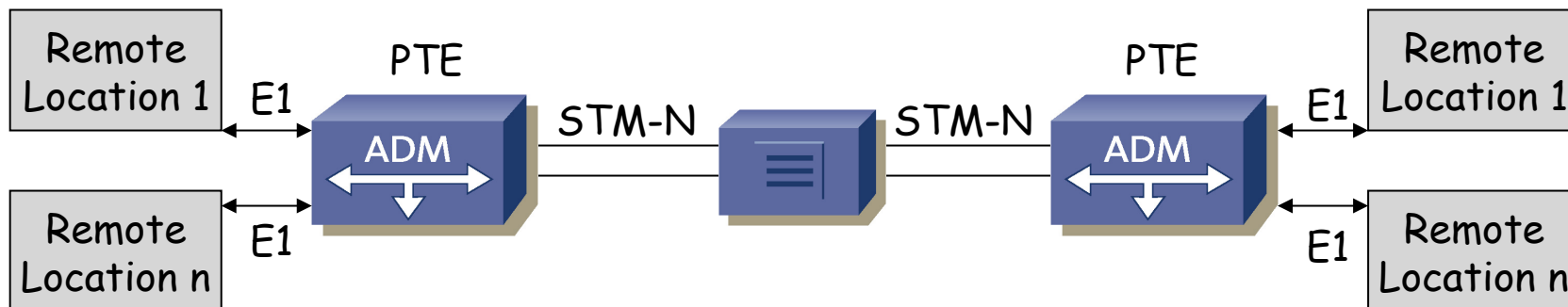
- Se pueden concatenar X tributarios (TUs) para formar un VC-X-v
- El resultado es un *Virtual Concatenation Group* (VCG), típicamente un VC-12-Xv (X=1...64)
- La inteligencia de la concatenación está en los extremos
- Cada VC puede encaminarse independientemente
- Soporta incremento y reducción de la 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
- El extremo final reordena las tramas (diferente delay) con información de la cabecera SDH



Topologías SDH

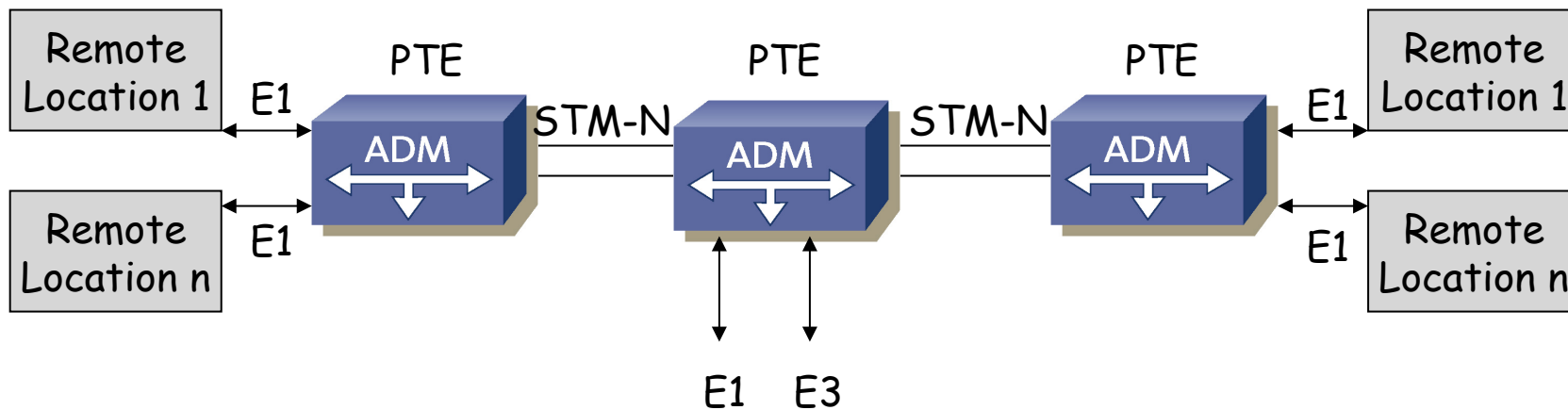
Point-to-Point

- Dos PTEs conectados sobre fibra oscura
- Los PTEs pueden ser ADMs o TMs
- En el camino puede haber regeneradores



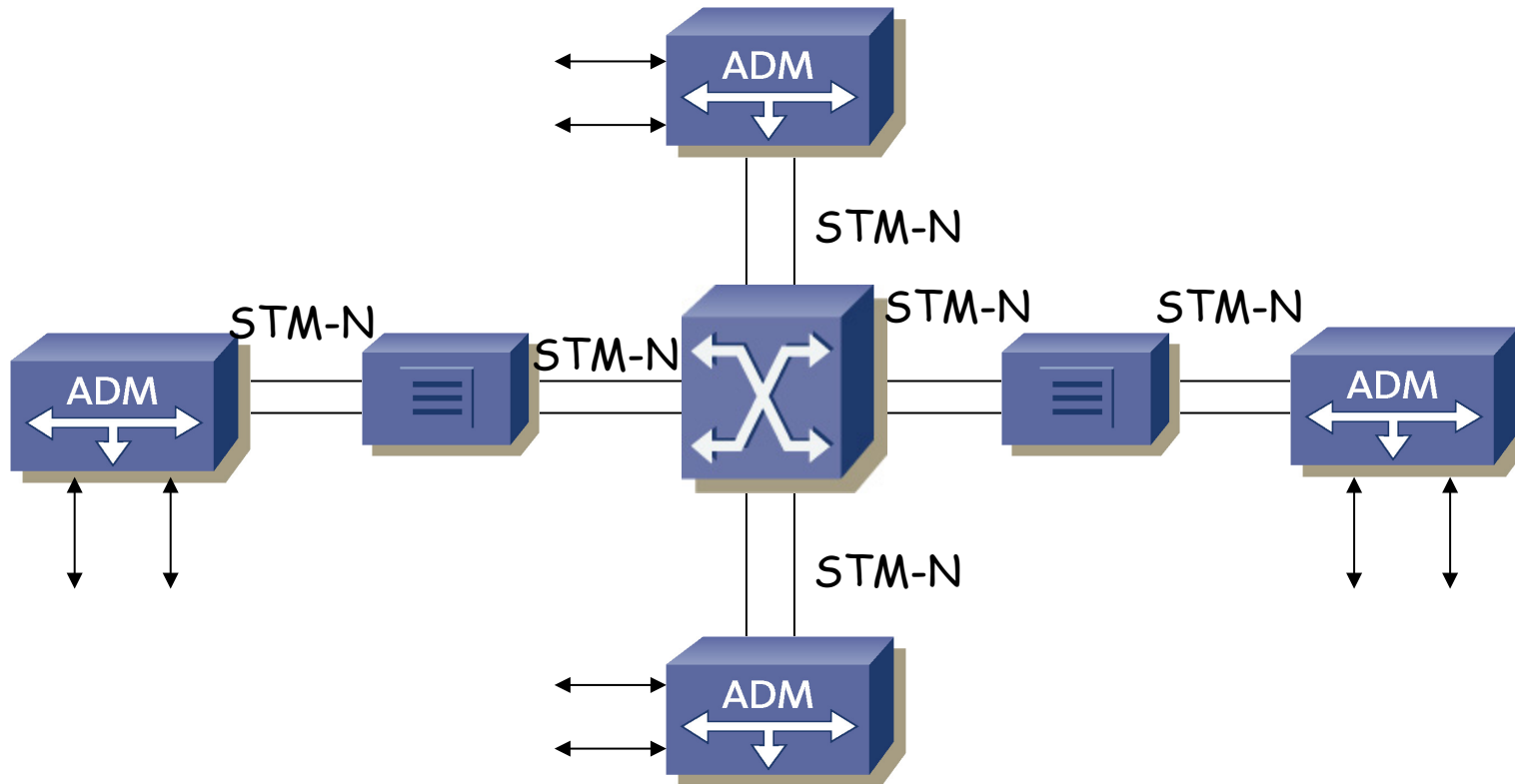
Point-to-Multipoint

- También llamada *linear add/drop architecture*
- Permite separar circuitos por el camino



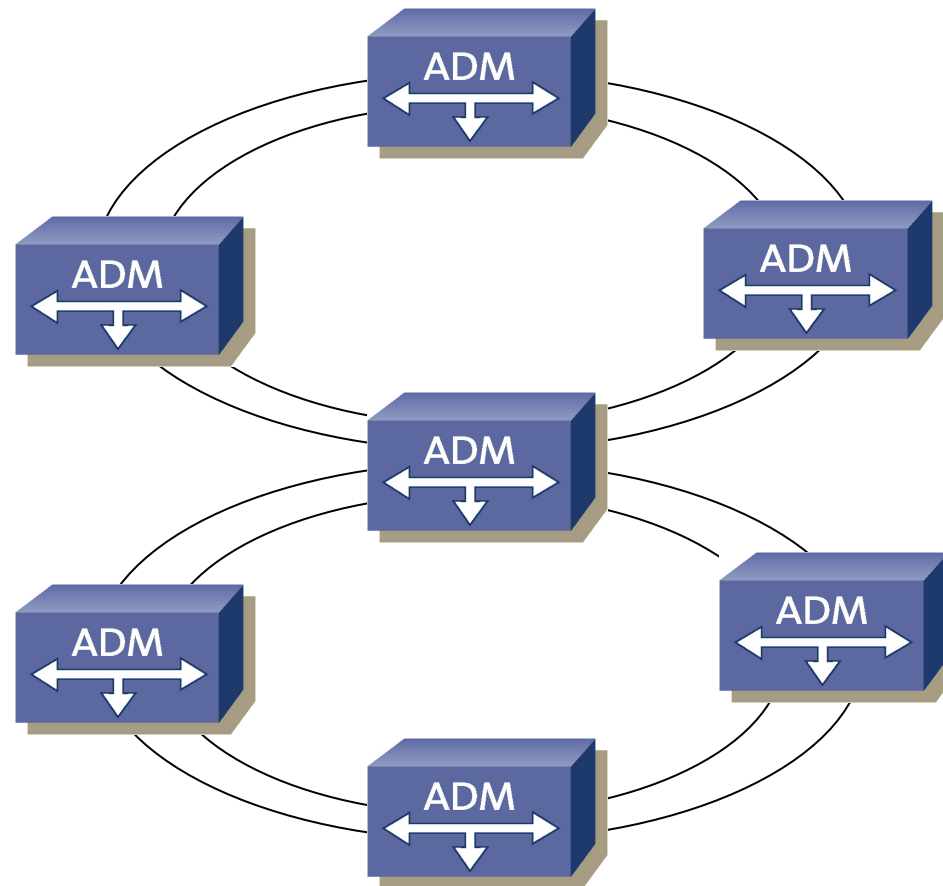
Hub

- Escalable



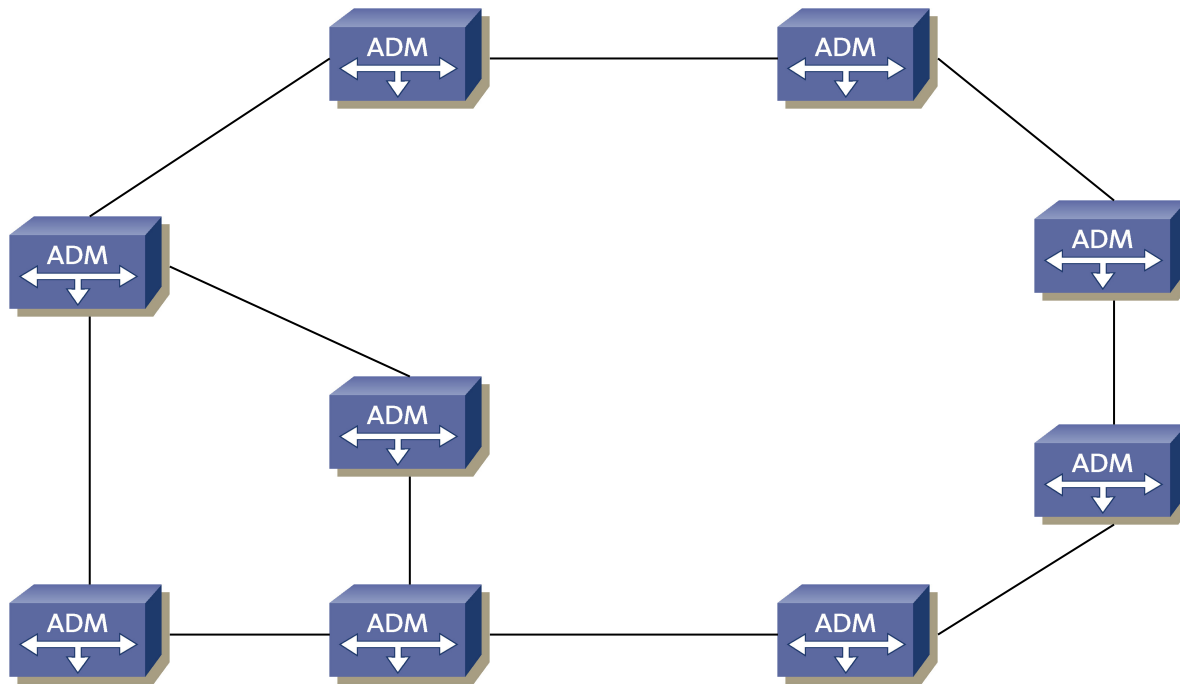
Ring

- Ofrecen robustos mecanismos de protección

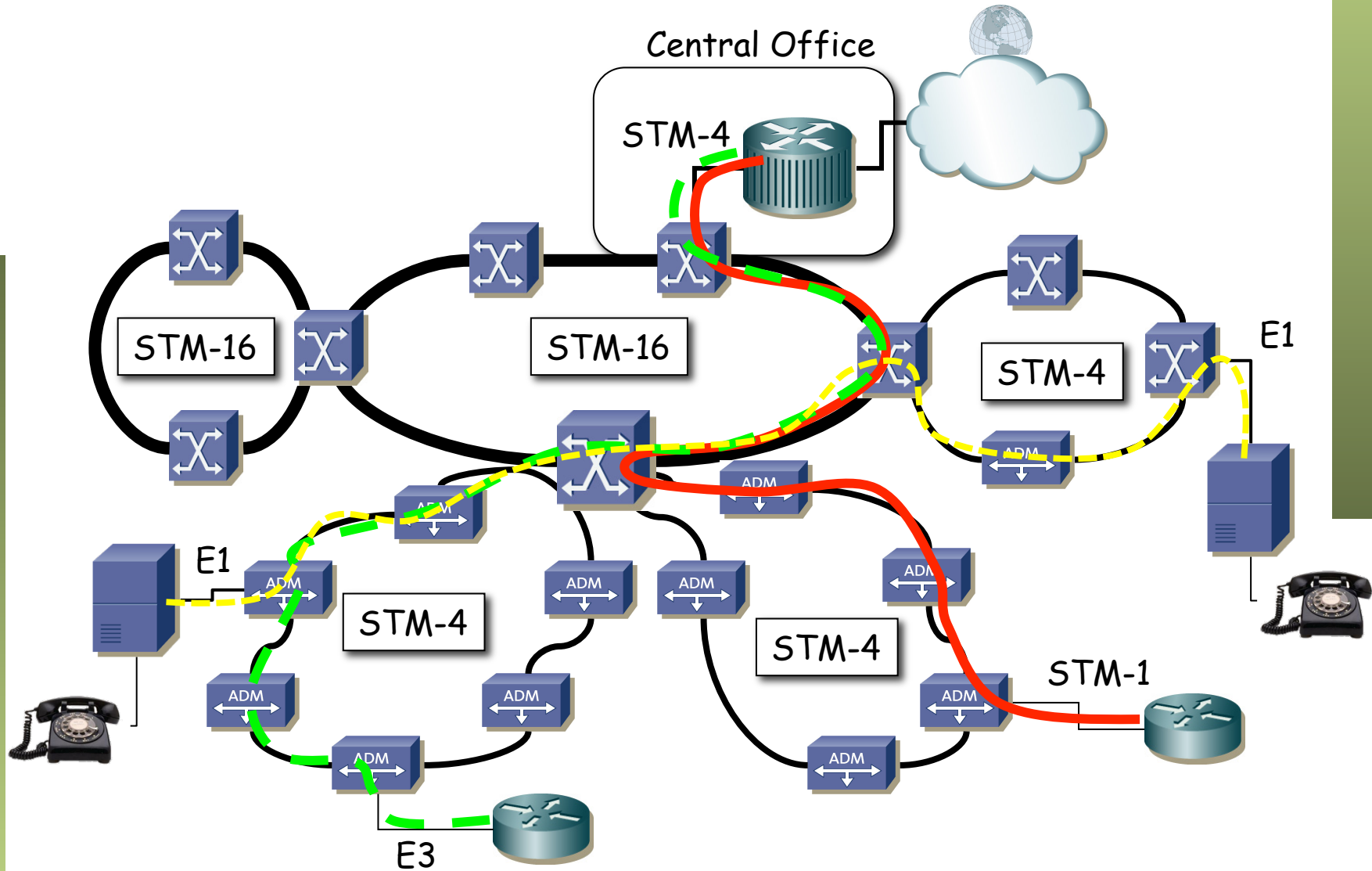


Mesh

- Cualquier interconexión
- Al menos un ciclo
- Máxima redundancia y opciones de encaminamiento



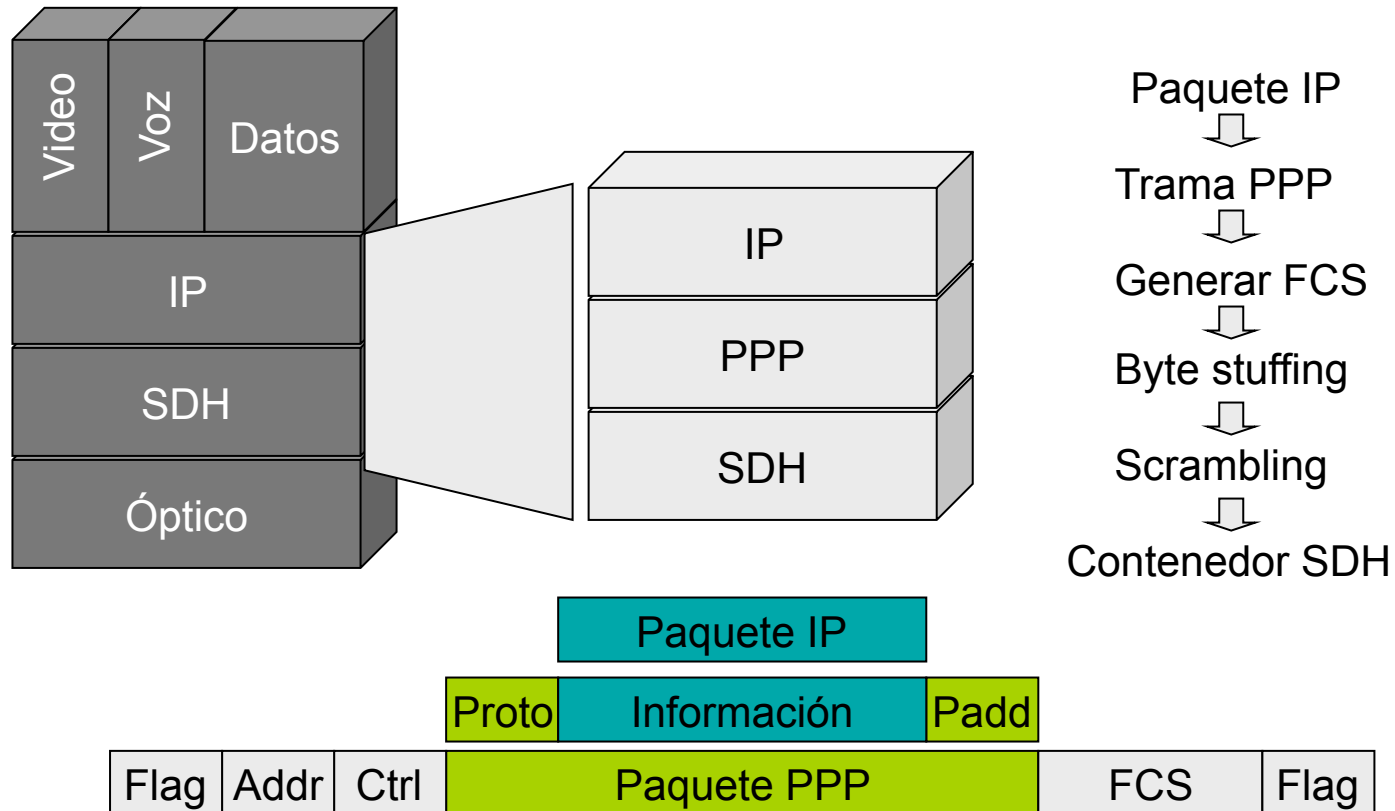
Ejemplo de red



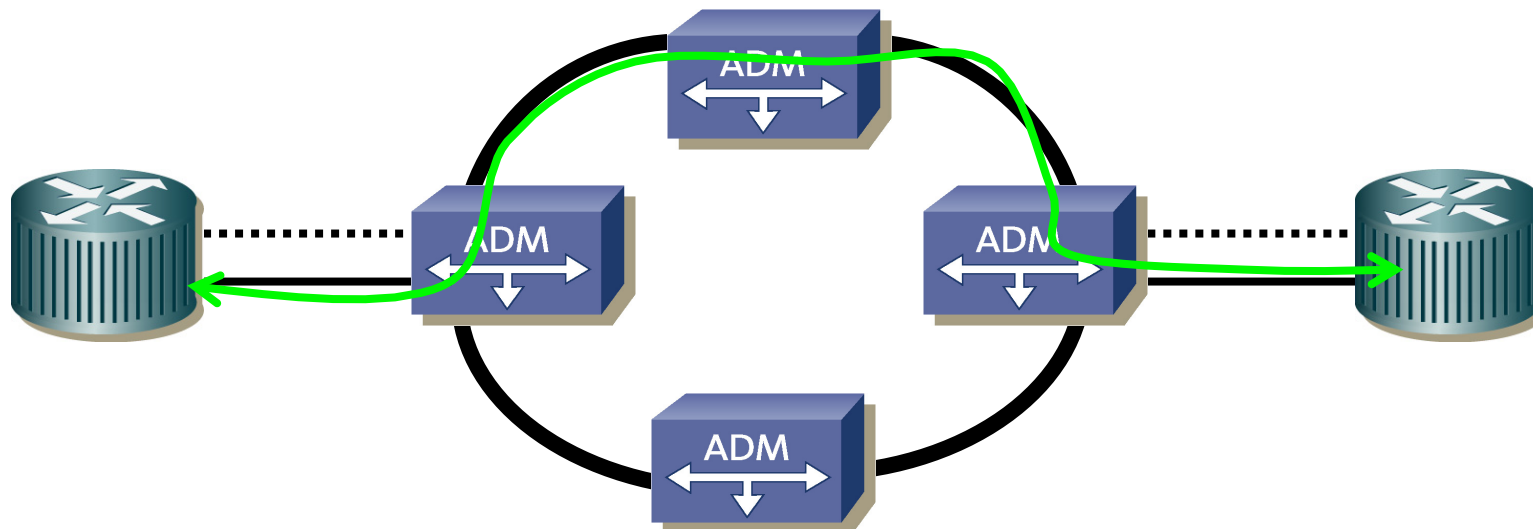
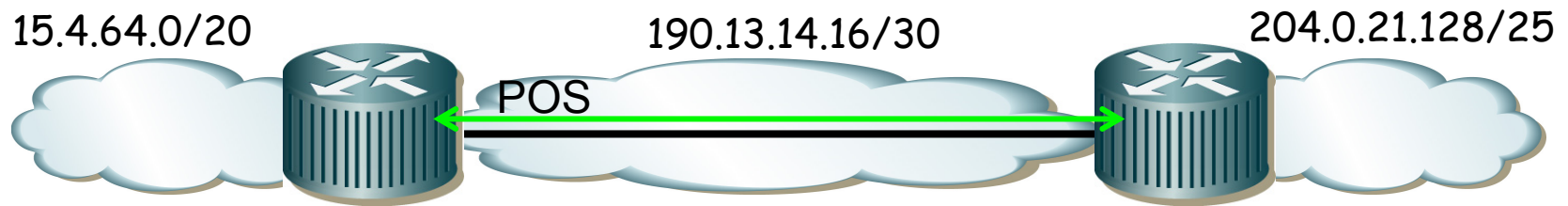
Transporte sobre SDH

POS

- *Packet Over SONET/SDH* (RFC 2615)
- Para tener entramado (*framing*): PPP (RFC 1661)
- PPP diseñado para líneas punto-a-punto... como los circuitos SDH
- Las encapsulaciones soportadas son VC-4, VC-4-4c, VC-4-16c y VC-4-64c



Ejemplo



GFP

- Asumiendo utilización 100% en la Ethernet...
- Las velocidades de Ethernet no se ajustan a las de SDH
 - 10 Mbps sobre VC-3 : 20%
 - 100 Mbps sobre VC-4 : 64%
 - 1Gbps sobre VC-4-16c : 42%
- ATM ofrece mejor ajuste de velocidades
- O mediante Concatenación Virtual:
 - 10Mbps en VC-12-5v : 92%
 - 100Mbps en VC-3-2v : 97%
 - 1Gbps en VC-4-7v : 92%
- Pero POS solo para ciertos contenedores
- Encapsulación G.7041:
 - Generic Framing Procedure (GFP, ITU T01b, ANSI T1X1.5)
 - Puede transportar: Ethernet, PPP, FiberChannel, Gigabit Ethernet, etc.
 - Se puede emplear con VCAT (Concatenación Virtual) y LCAS

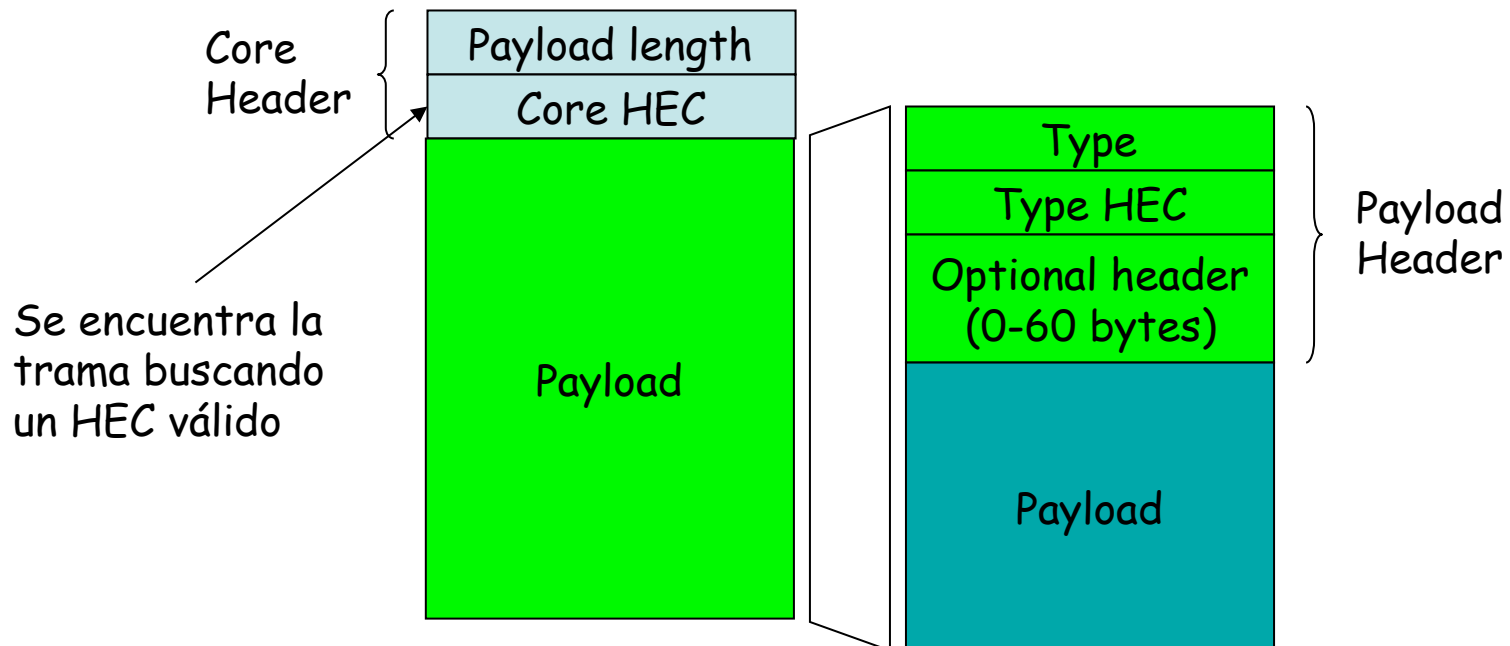
GFP

GFP basado en tramas (frame based)

- Para conexiones que requieran eficiencia y flexibilidad
- Requiere store-and-forward
- Esto añade latencia

GFP transparente

- Para servicios sensibles a la latencia
- El contenido del nivel físico a transmitir se introduce en tramas de longitud constante
- Orientado a SANs (*Storage Area Networks*)



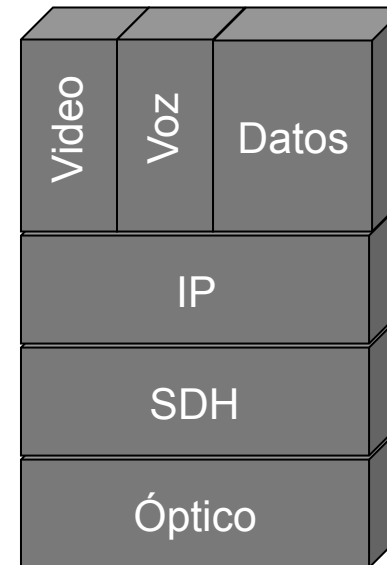
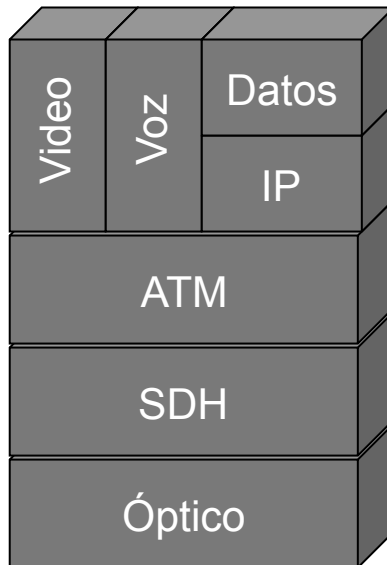
IP over ATM over SDH

IP sobre ATM sobre SDH

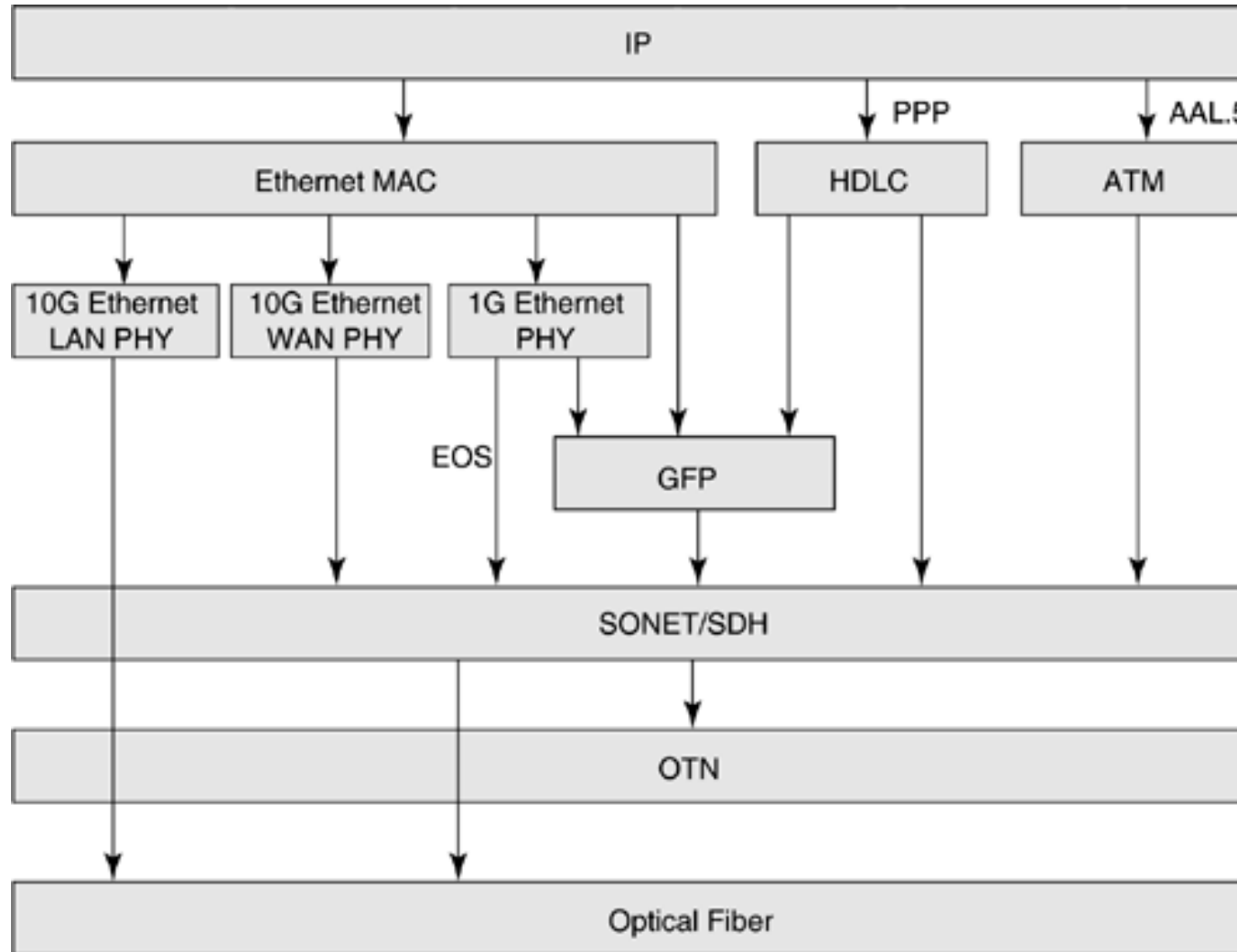
- ATM ofrece QoS
- Acomoda múltiples protocolos y servicios
- Mayor flexibilidad en el transporte

IP sobre SONET/SDH

- Ya se puede ofrecer QoS con IP
- Mayor eficiencia al evitar cabeceras de celdas ATM, encapsulación y segmentación
- Más simple



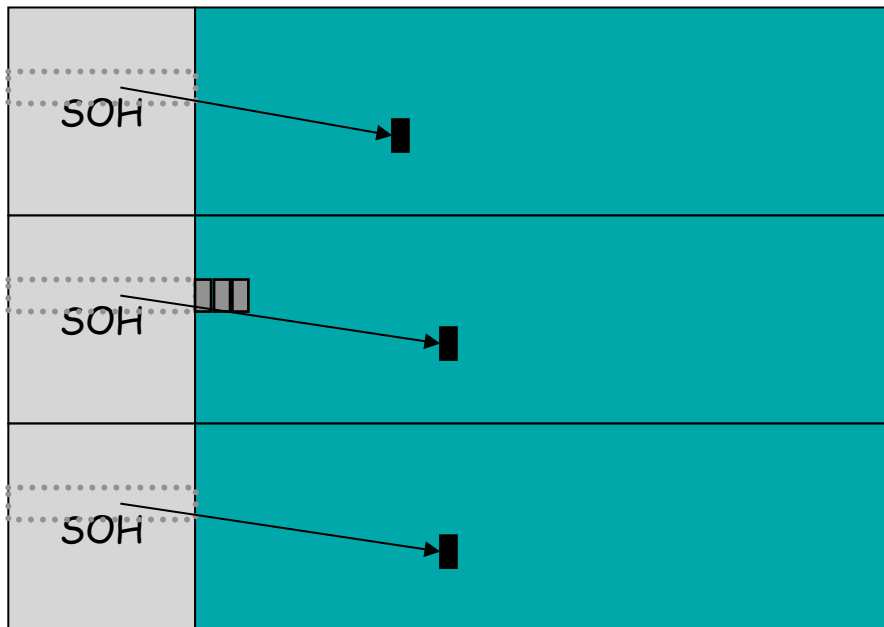
Transporte de IP



Control y señalización

Empleo del puntero

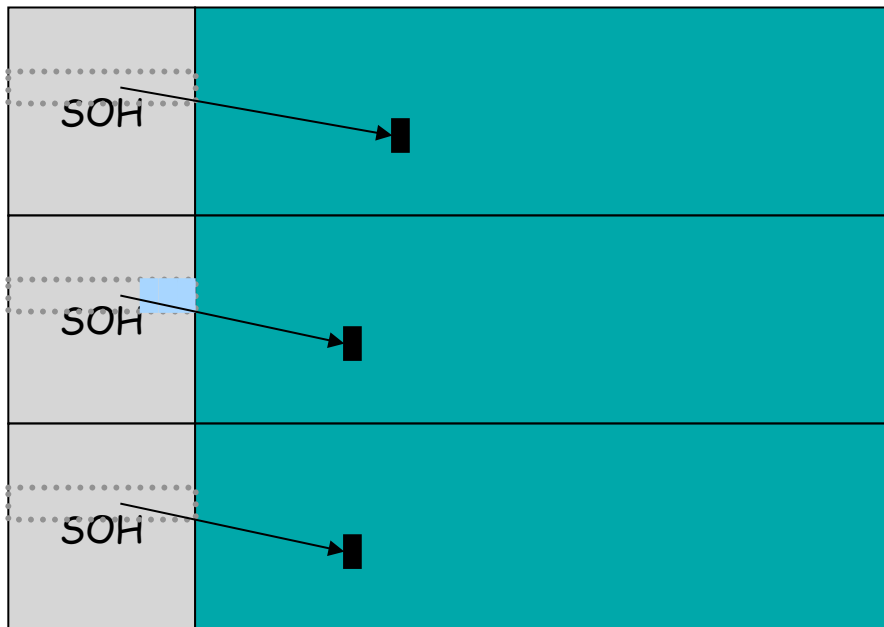
- Con los bytes H1 y H2 se designa la ubicación del octeto en donde comienza el VC-4
- Miden relativo al final del puntero (0 quiere decir que el VC-4 comienza tras el último byte H3)
- Mide en palabras de 3 bytes
- Si la **velocidad** del AUG (contenedor) es **más rápida** que el VC-4 (contenido):
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



Justificación
 Positiva

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

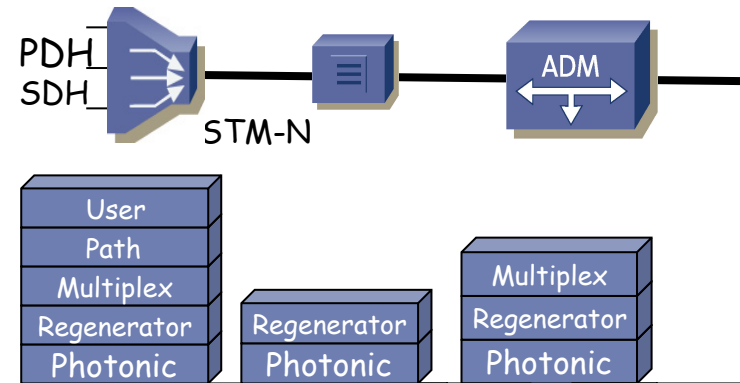


Justificación
 Negativa

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		



Arquitecturas de protección en SDH

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

Redes de Banda Ancha
5º Ingeniería de Telecomunicación

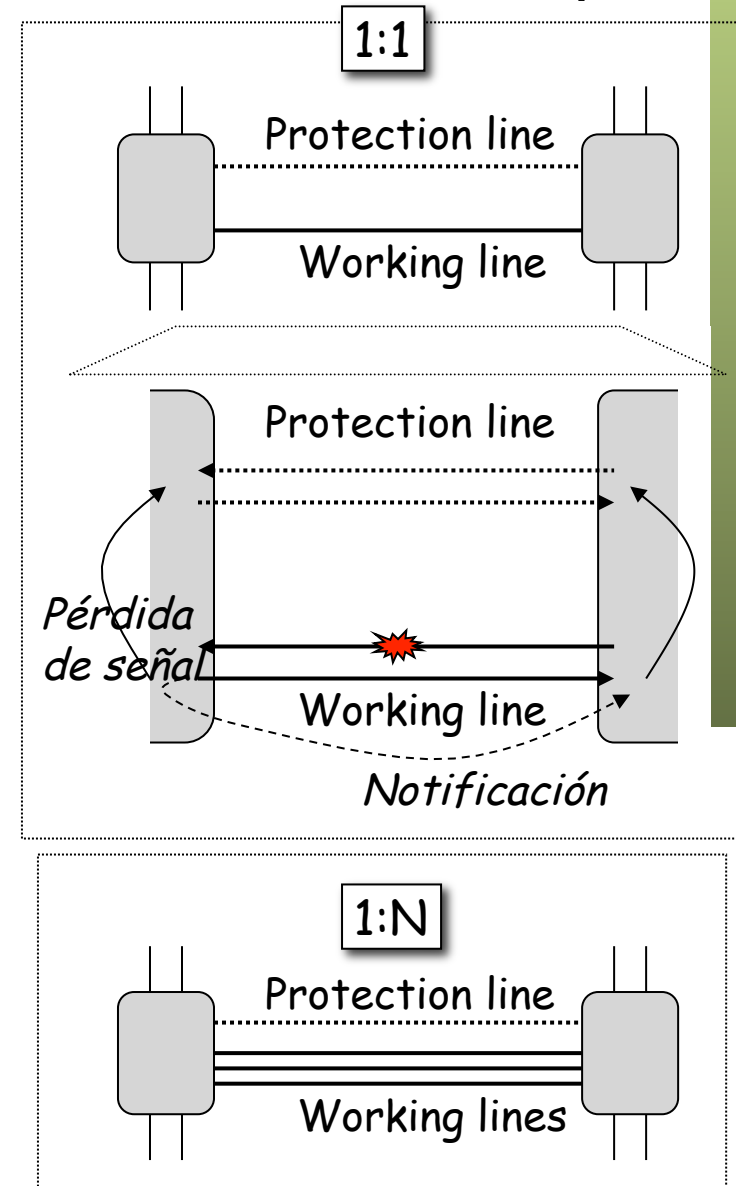
Automatic Protection Switching (APS)

- Recuperación automática ante fallos: pérdida de la señal, demasiado BER, etc.
- “Protección”: La solución está precalculada
- 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?)



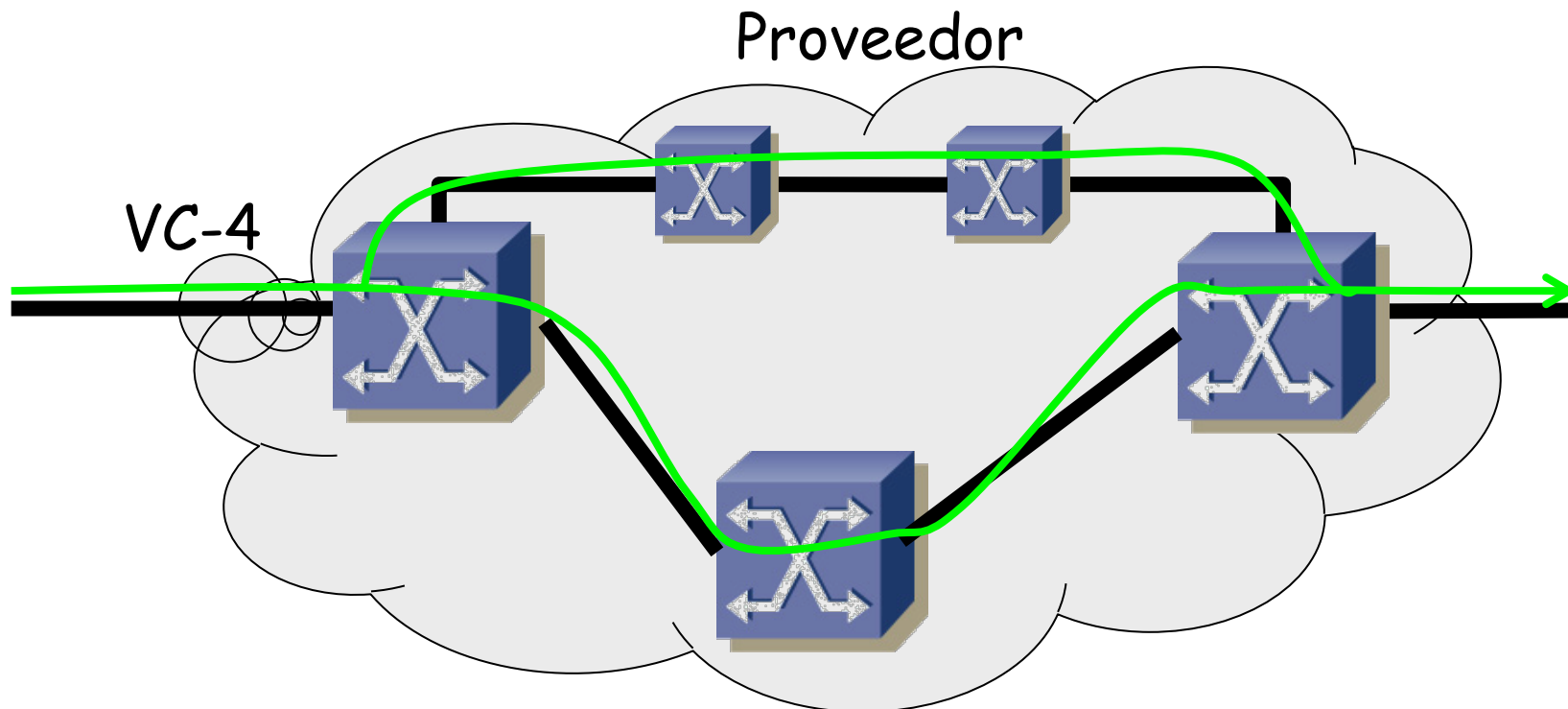
MSP (*Multiplex Section Protection*)

- 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



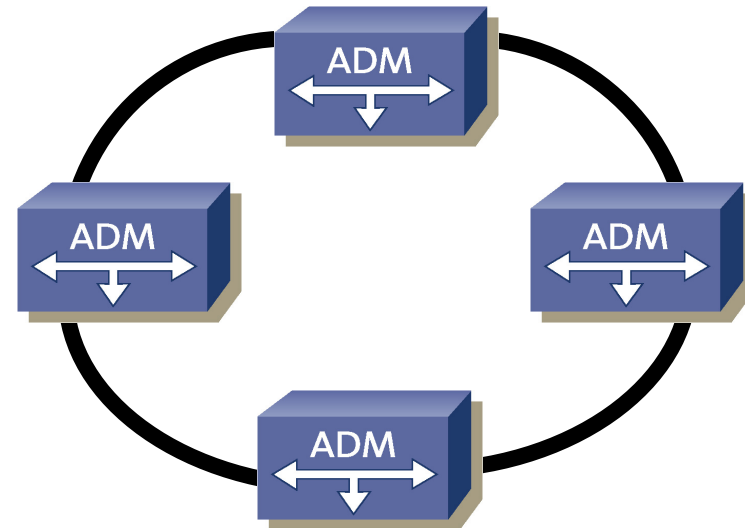
Protección en anillos SDH

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

Redes de Banda Ancha
5º Ingeniería de Telecomunicación

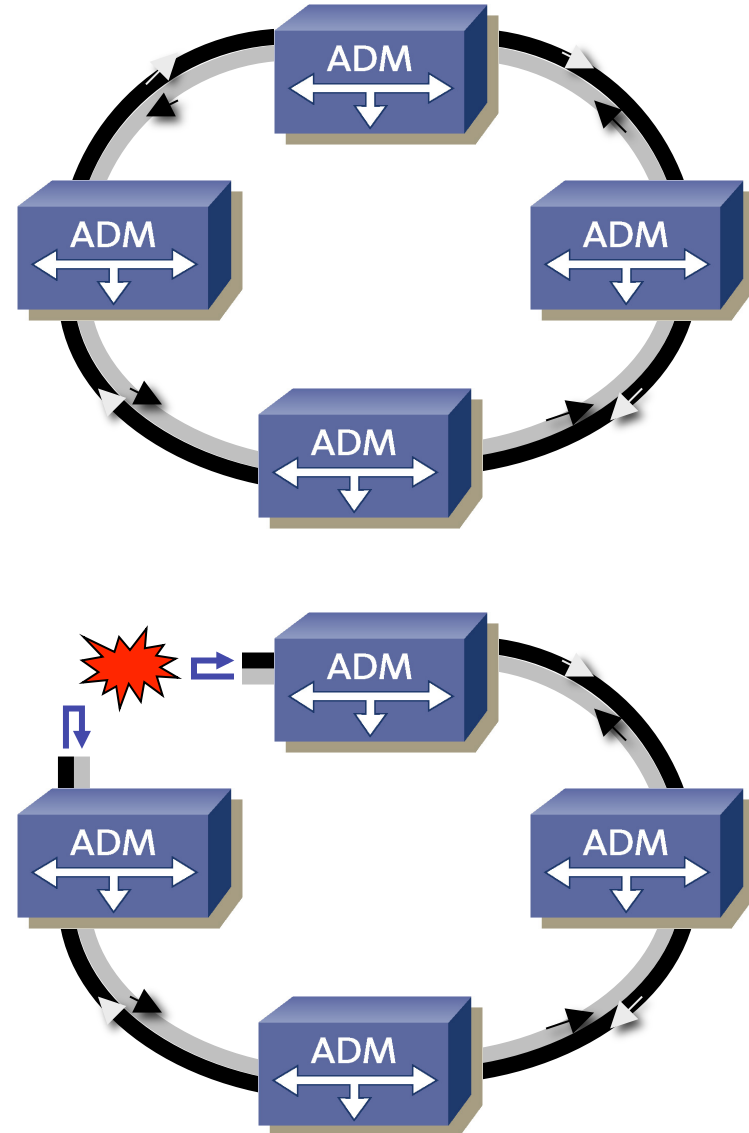
Anillos

- 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

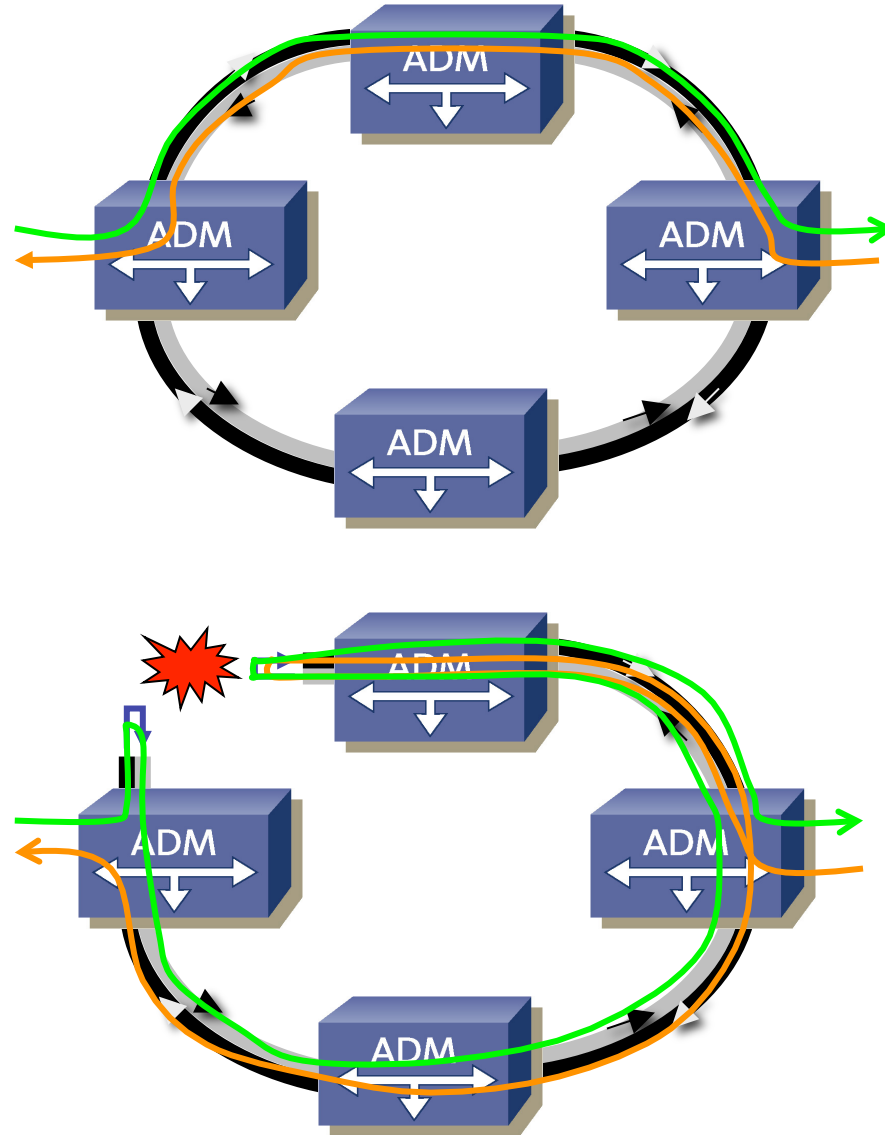


MS-SP Ring

- *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 (...)

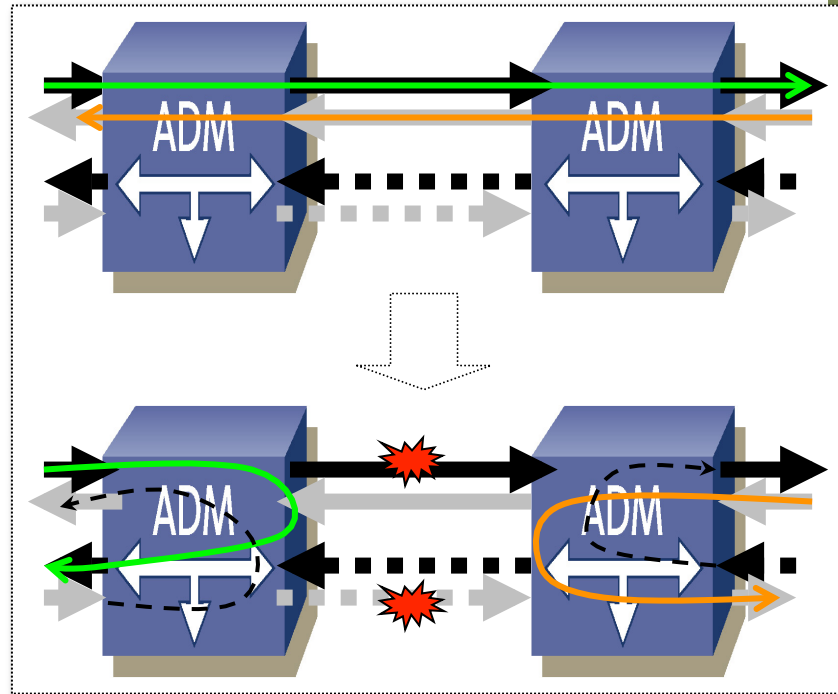
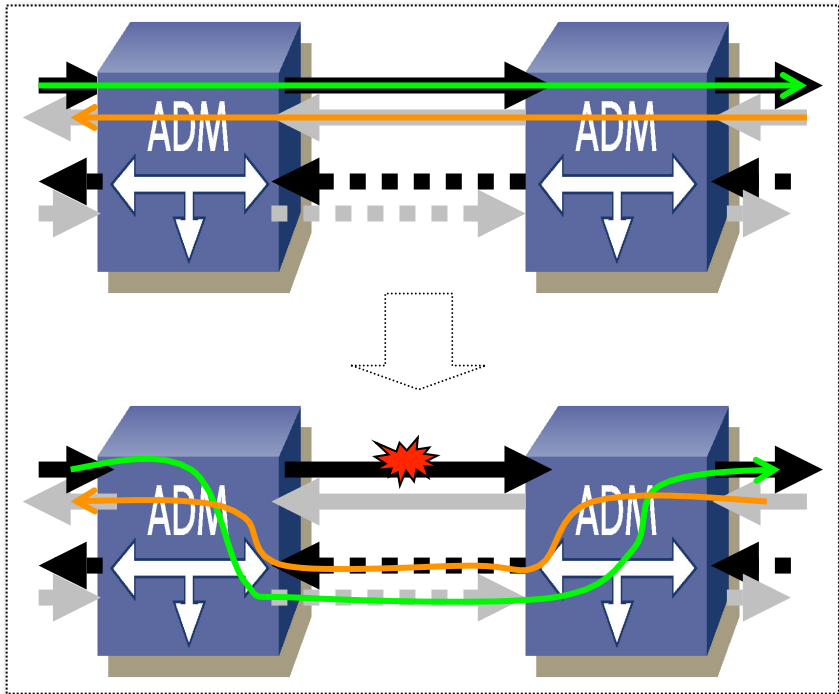
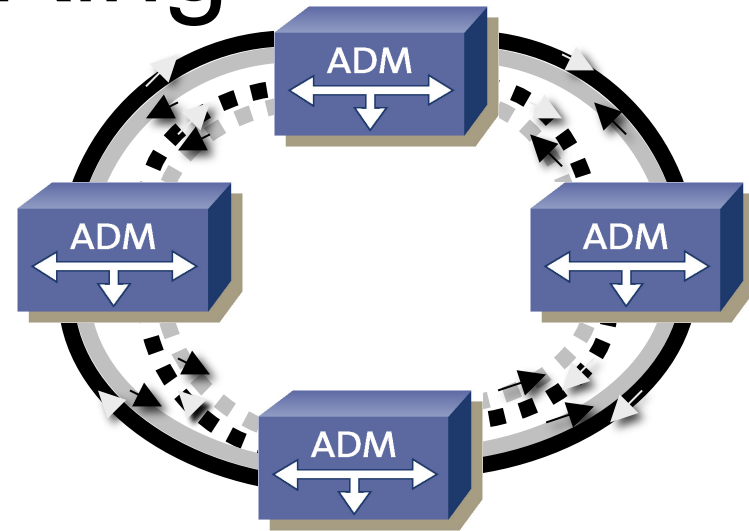


MS-SP Ring (Ejemplo)



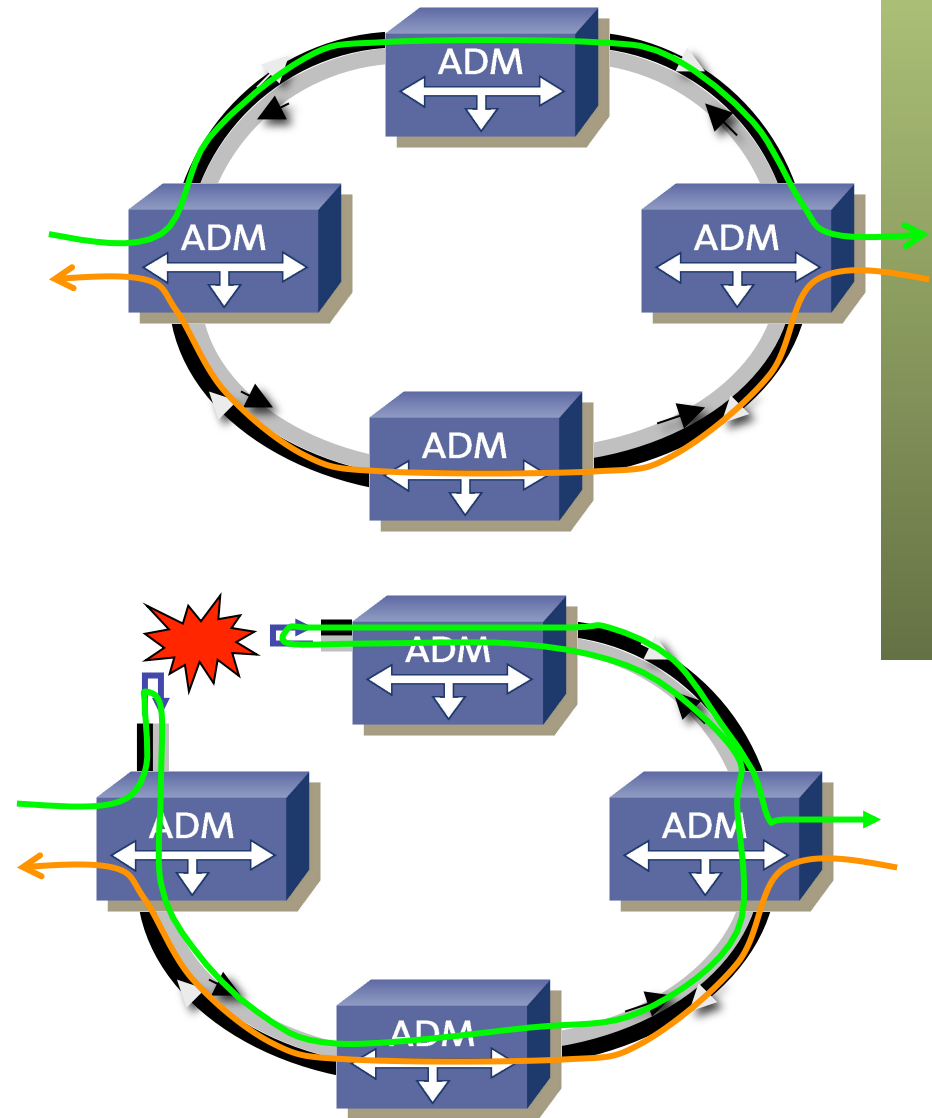
MS-SP Ring

- Con 4 fibras
- Un par dedicado a *working capacity*
- Segundo par como *spare/ protection capacity*



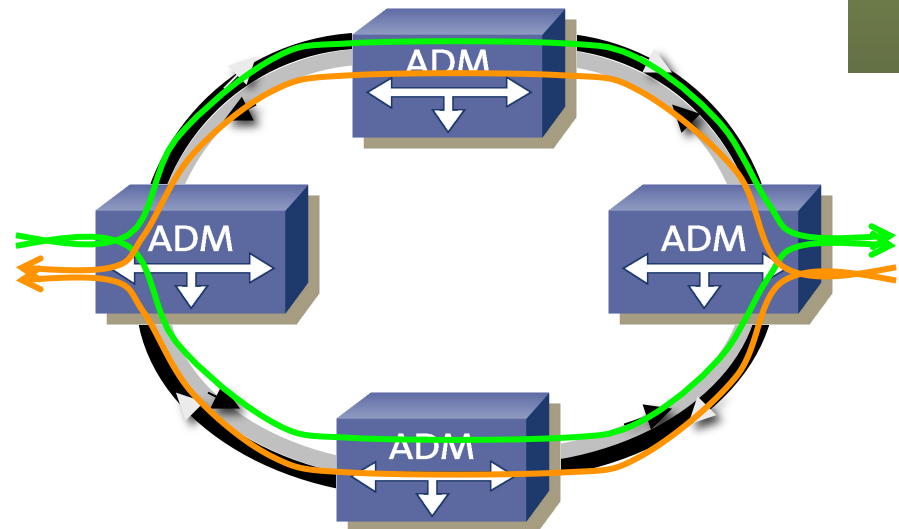
MS-DP Ring

- *Multiplex Section-Dedicated Protection Ring*
- Cada sentido de una conexión bidireccional emplea un camino distinto siguiendo un sentido del anillo
- El sentido contrario sería el backup
- Un inconveniente es que cada conexión bidireccional consume BW en todo el anillo
- Máximo 16 nodos (por limitaciones en señalización)



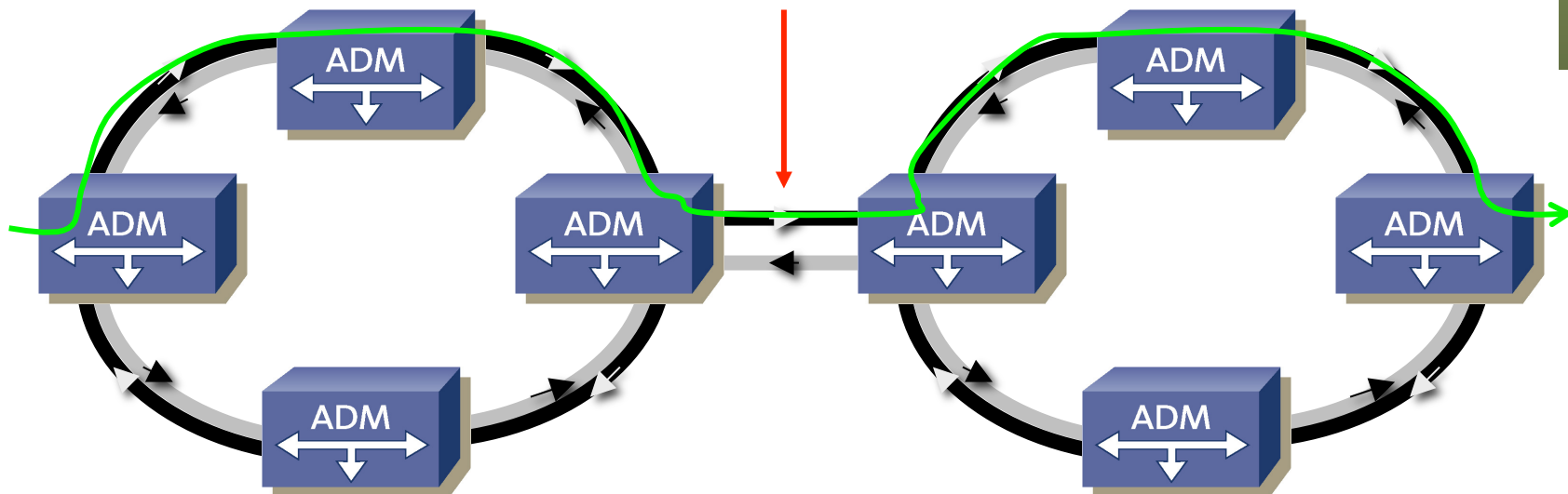
SNCP Ring

- *Subnetwork Connection Protection Ring*
- Misma filosofía que SNCP pero empleada en un anillo
- Cada conexión unidireccional emplea ambos caminos en el anillo (es un 1+1)
- No tiene la limitación de 16 nodos
- Soporta el fallo de un nodo



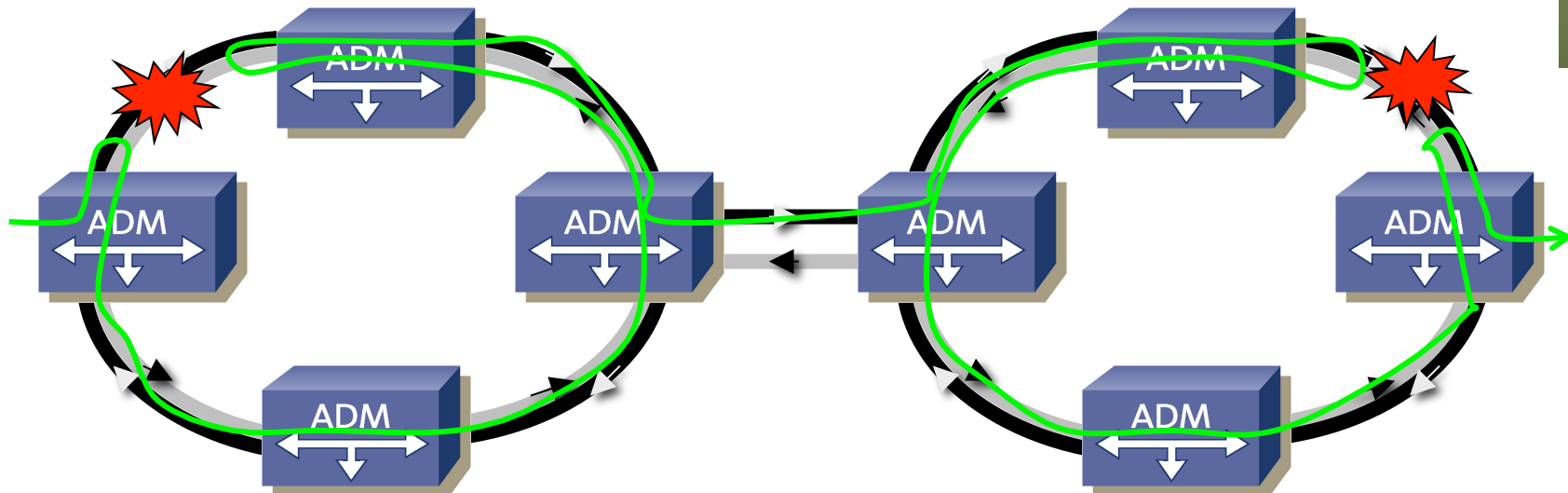
Interconexión de anillos

- Las redes SDH normalmente están formadas por varios anillos
- Un inconveniente es que la unión entre ellos puede ser un punto de fallo

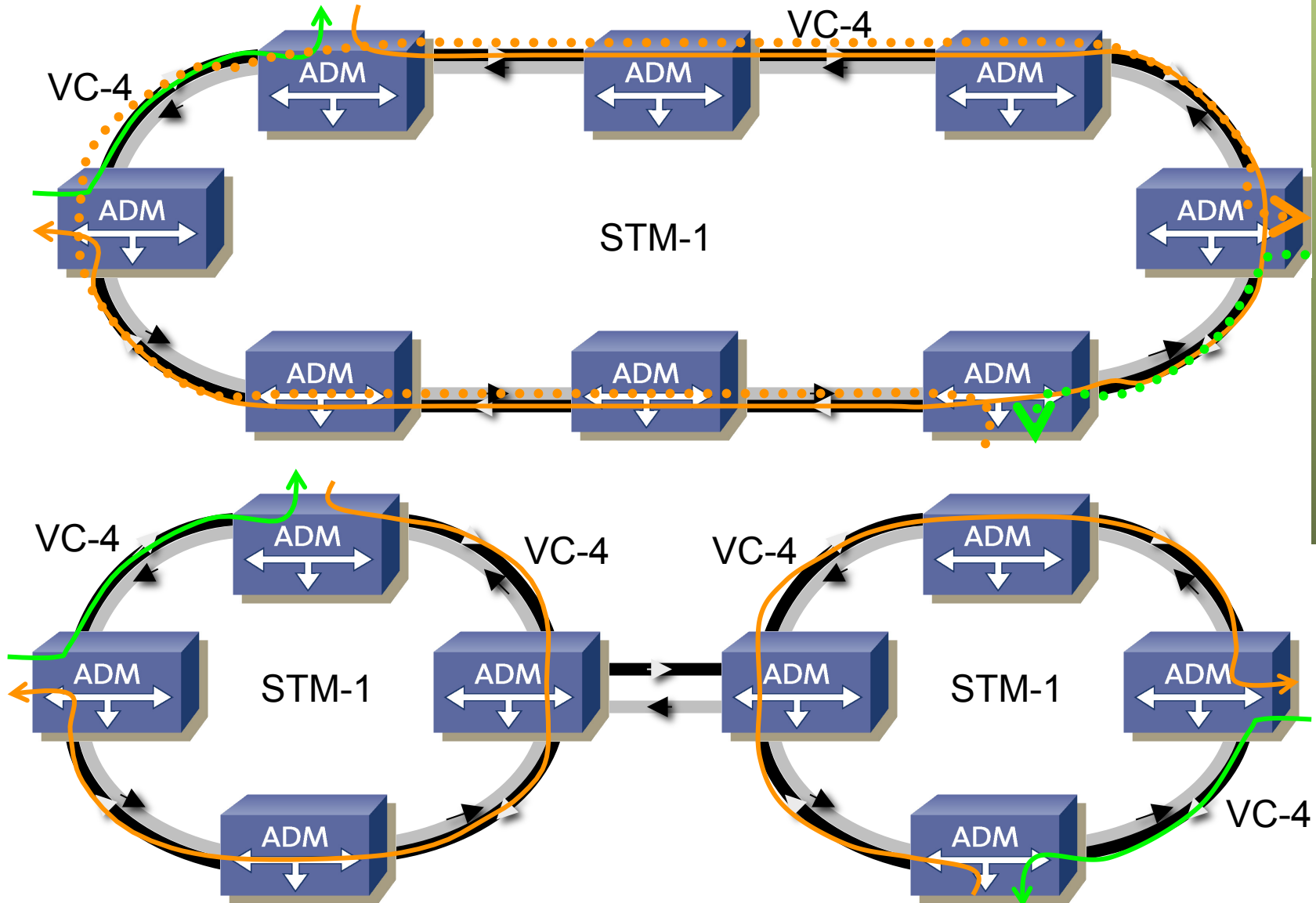


Interconexión de anillos

- Las redes SDH normalmente están formadas por varios anillos
- Un inconveniente es que la unión entre ellos puede ser un punto de fallo
- Una ventaja frente a un solo anillo es que soportan fallos dobles simultáneos si se dan en diferentes anillos
- Además permiten separar el tráfico local para que no ocupe todo el anillo (...)



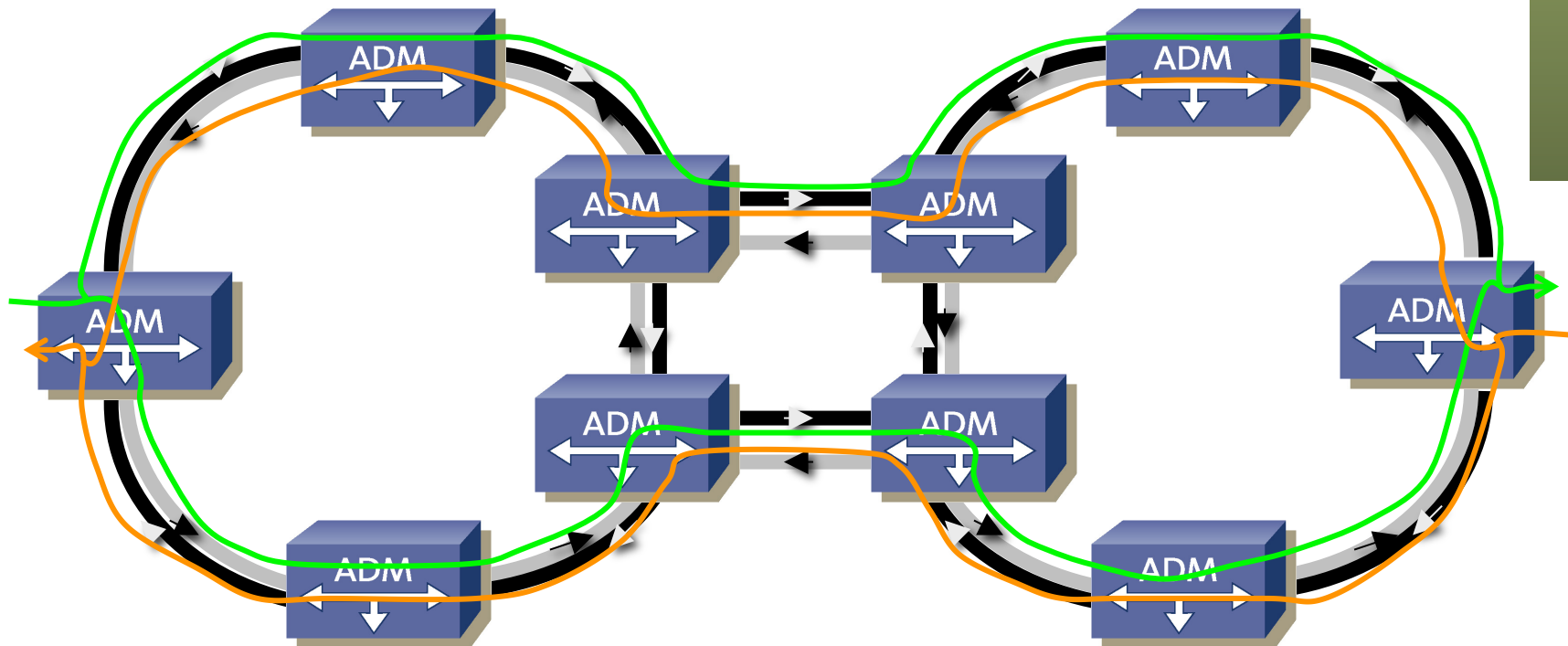
Interconexión de anillos



Protección en la interconexión

Virtual Ring interconnection

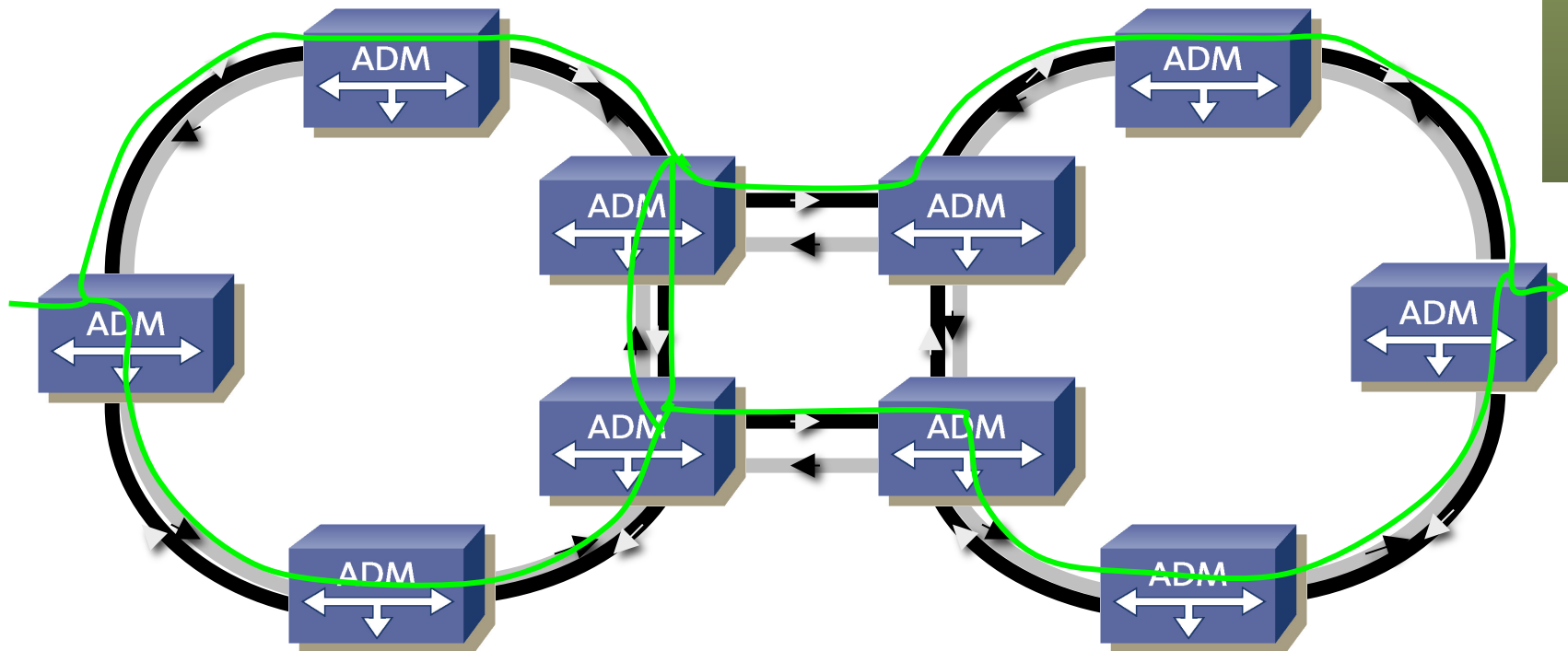
- Similar a SNCP, se usan simultáneamente (1+1) dos caminos por diferentes *gateways*



Protección en la interconexión

D&C (Drop and Continue)

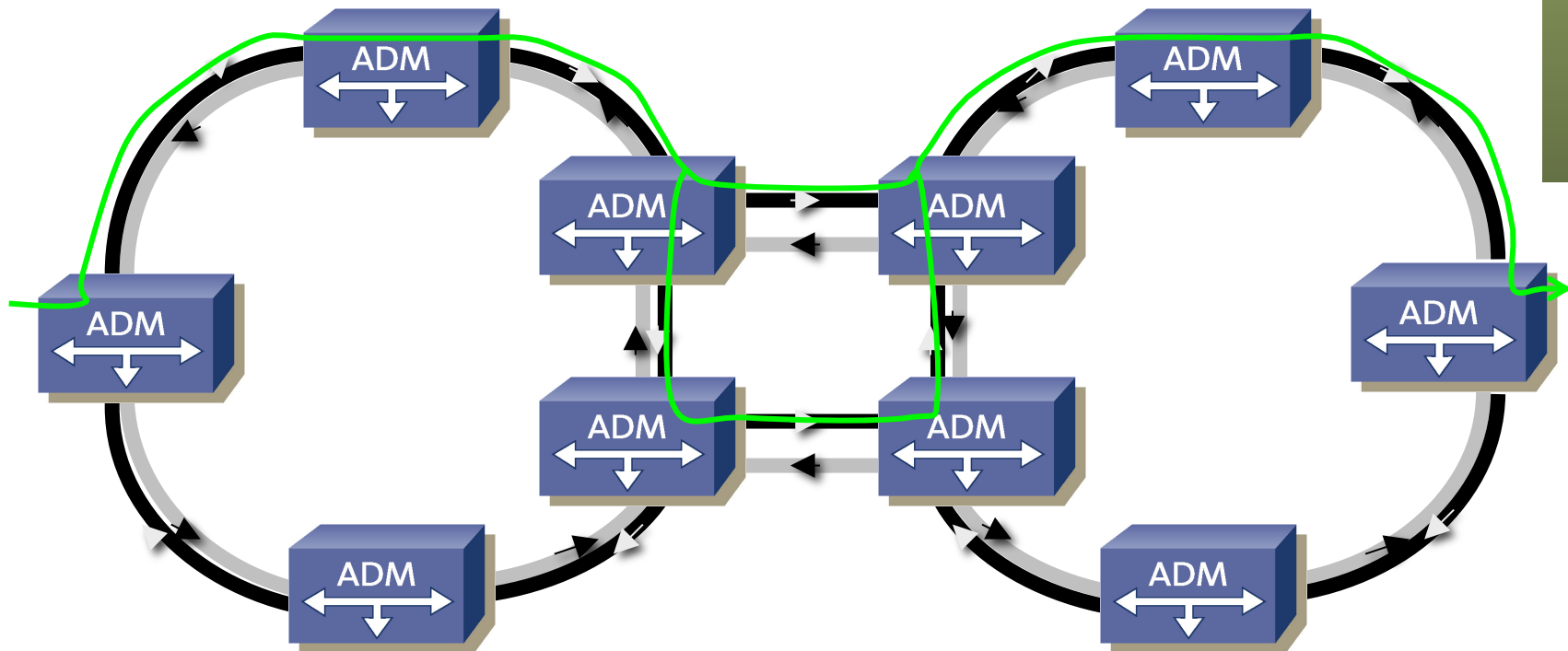
- La señal continúa hasta el siguiente *gateway*
- Puede conectar anillos SNCP (los que hacen 1+1)



Protección en la interconexión

D&C (Drop and Continue)

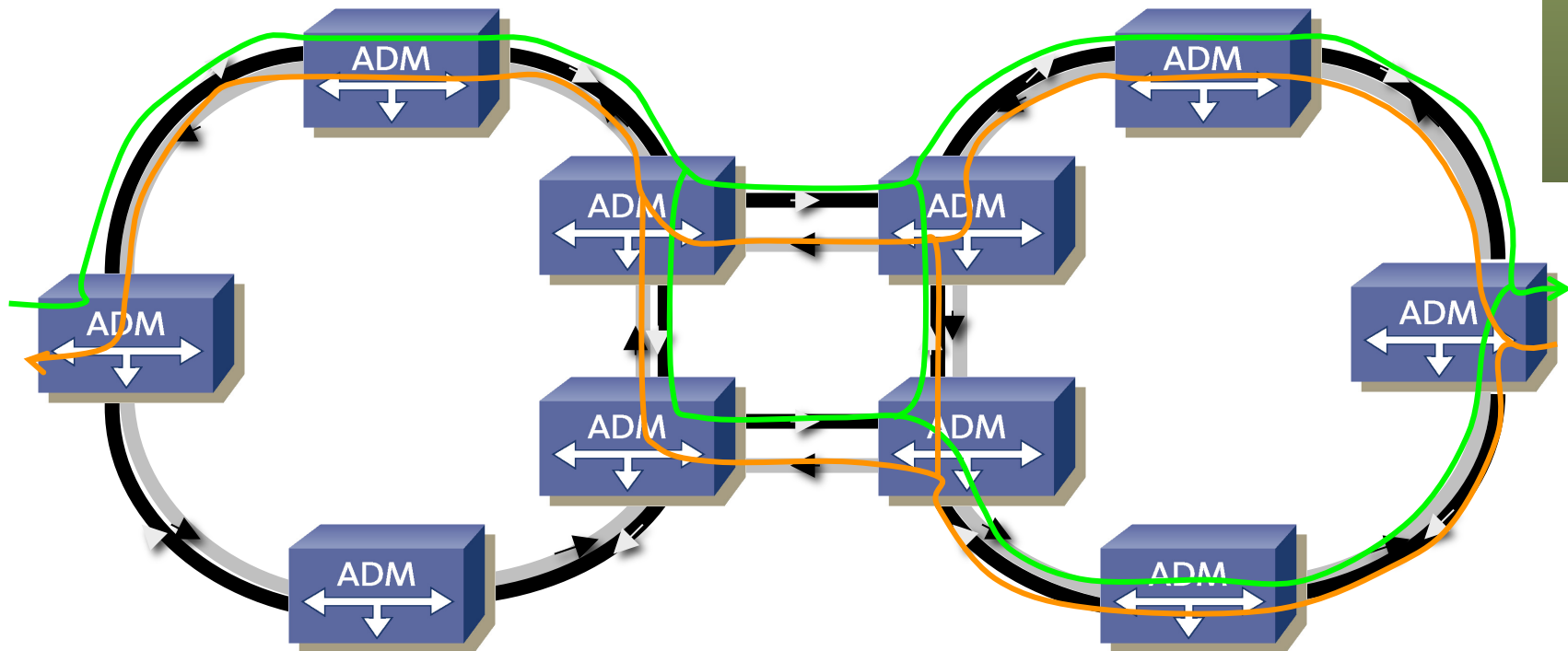
- La señal continúa hasta el siguiente *gateway*
- También puede conectar anillos MS-SP (los que usan solo la mitad de la capacidad y protegen por el sentido contrario)



Protección en la interconexión

D&C (Drop and Continue)

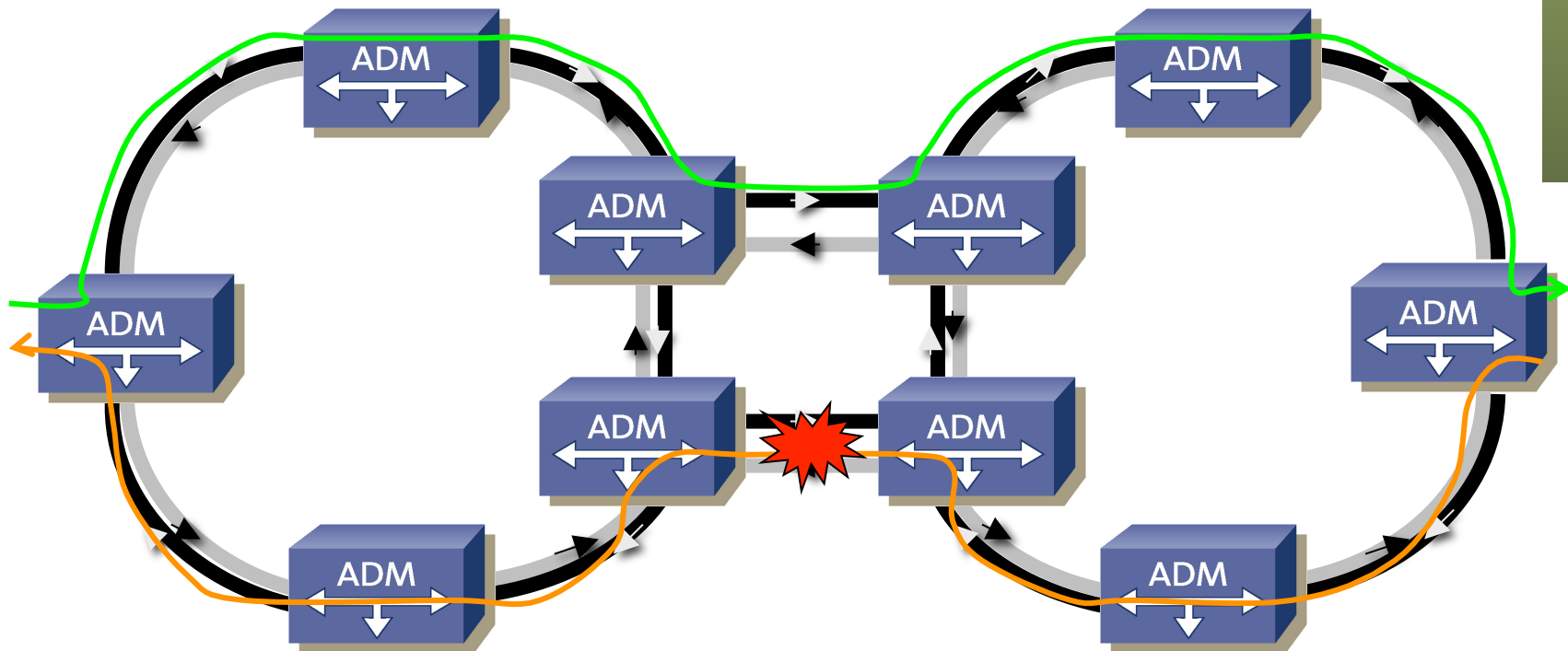
- La señal continúa hasta el siguiente *gateway*
- O un anillo MS-SP (mitad de capacidad) con un SNCP (1+1)



Protección en la interconexión

Anillos MS-DP

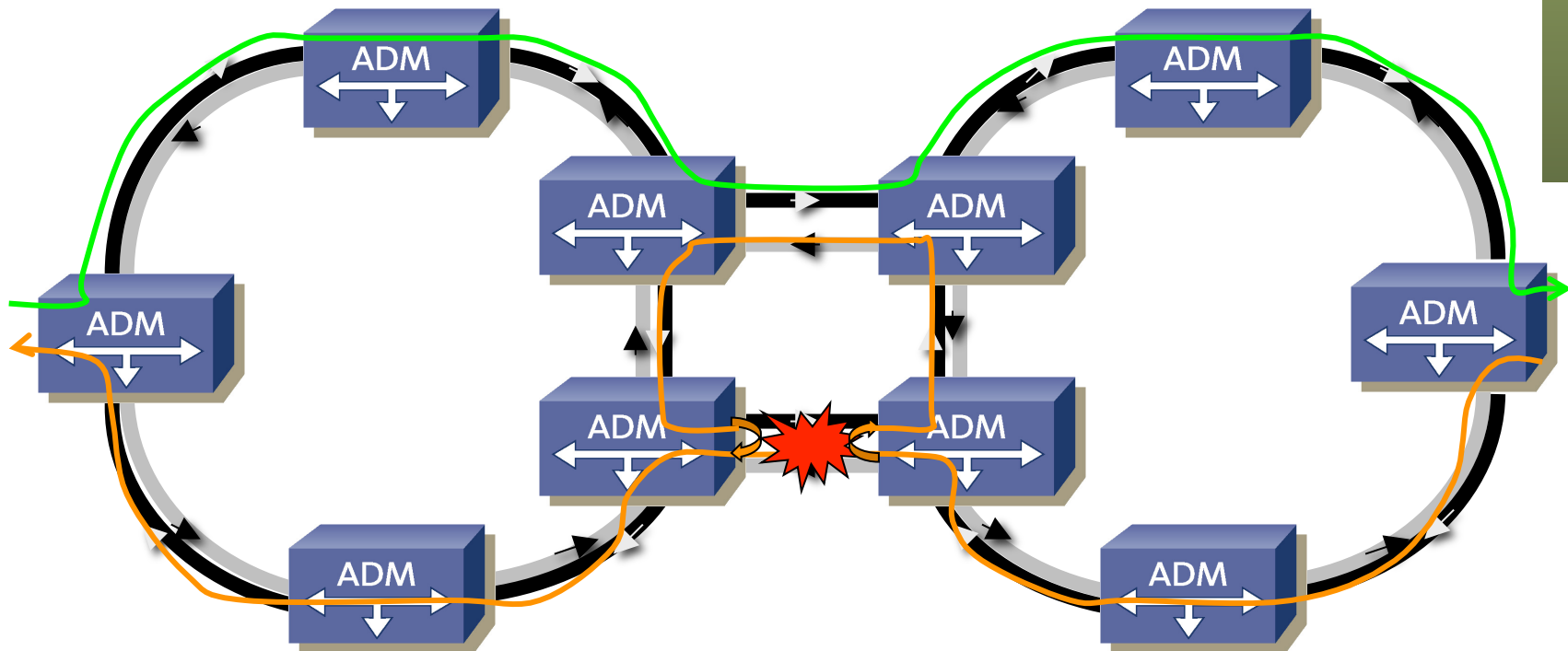
- (Los que cada sentido emplea un sentido del anillo)
- Similar a un D&C (...)



Protección en la interconexión

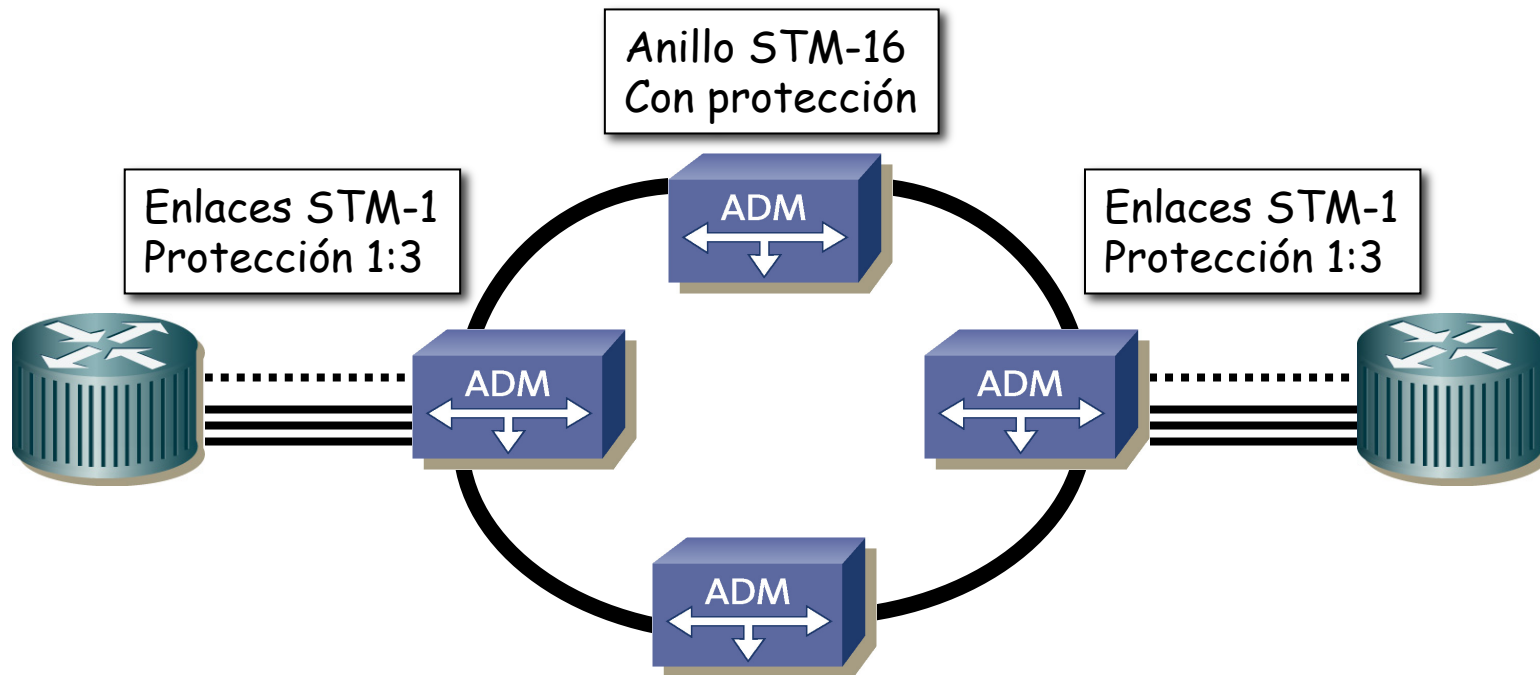
Anillos MS-DP

- (Los que cada sentido emplea un sentido del anillo)
- Similar a un D&C (...)



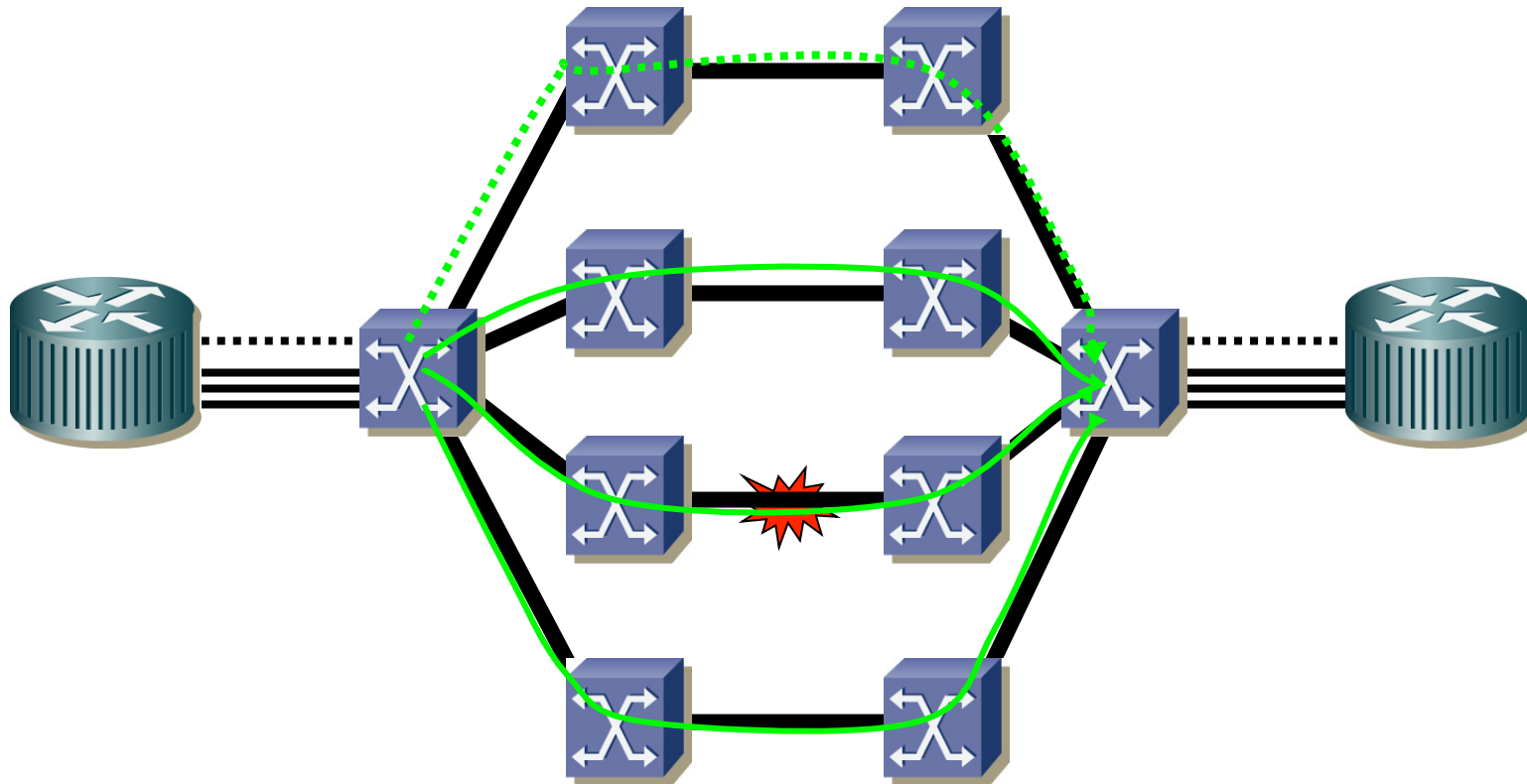
Ejemplo

- Protección de sección



Más posibilidades

- Protección del camino en vez de sección
- Hay que terminar los VCs



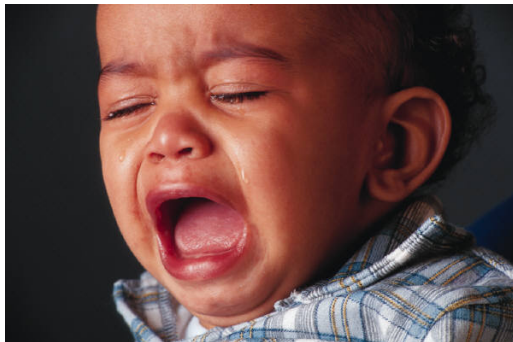
Protection vs Restoration

- *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



Bad things happen

- Los fallos pueden ser de un enlace: separar los caminos físicos que usan las fibras en uso y de protección
- Pueden fallar las tarjetas (soluciones 1:N)



- Puede fallar el nodo: soluciones que protejan ante ese tipo de fallos (por ejemplo SNCP)
- ¡ Fallos múltiples !

Sincronización

Sincronización

- Las señales derivan del mismo reloj
- Una mala sincronización provoca errores en la transferencia
- Tipos de desviaciones:
 - Deslizamiento: fluctuaciones por pérdida de sincronismo con la señal de reloj
 - *Jitter*: variación rápida de fase ($>10\text{Hz}$)
 - Cambios de temperatura
 - Intercambio de señales entre operadores
 - *Wander*: variación lenta de fase ($<10\text{Hz}$)
 - Ajustes de puntero
 - Envejecimiento de relojes
- Sincronización jerárquica:
 - Distribuir una señal de reloj por toda la red
 - Los relojes locales serán esclavo de esa señal



Componentes red de sincronismo

PRC (Primary Reference Clock)

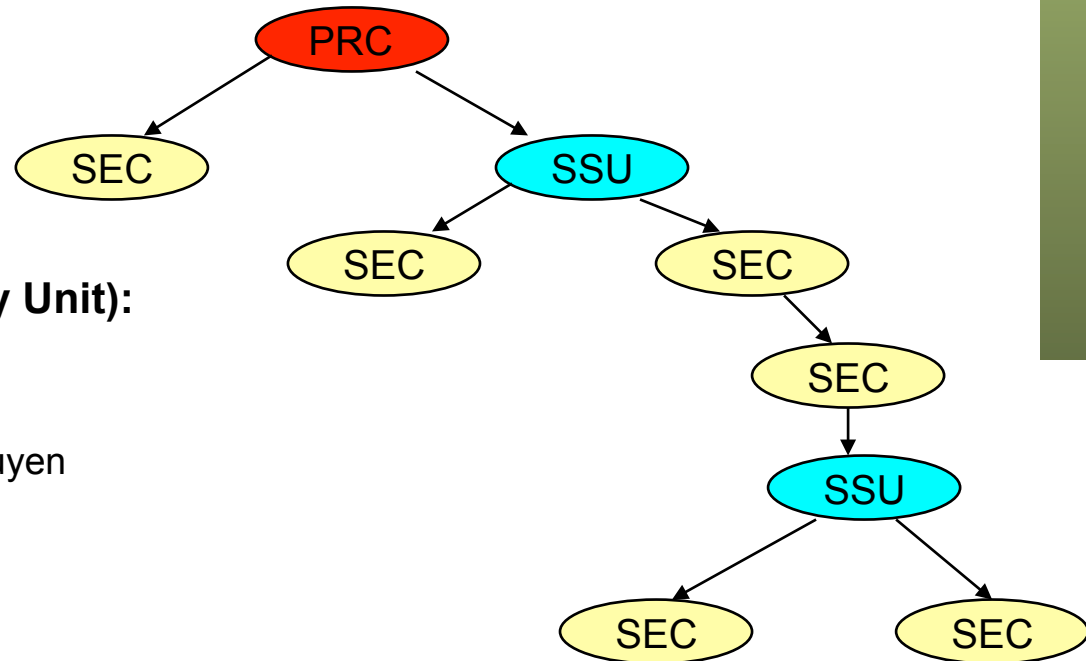
- El de mejor calidad: G.811 (Q1)
- Relojes de Referencia Primarios: osciladores de cesio y/o GPS

SEC (Synchronous Equipment Clock):

- Menor calidad
- Equipos de la red: ADM, routers, etc.

SSU (Synchronization Supply Unit):

- Calidad menor: G.812 (Q2)
- Oscilador de rubidio o cuarzo
- Regeneran la señal y la distribuyen



Resumen

- Concatenación virtual para mayor flexibilidad en capacidad
- Diferentes técnicas de encapsulación (PPP, ATM, GFP)
- Protección de la sección de multiplexación
- Protección en anillos
- Requiere sincronización