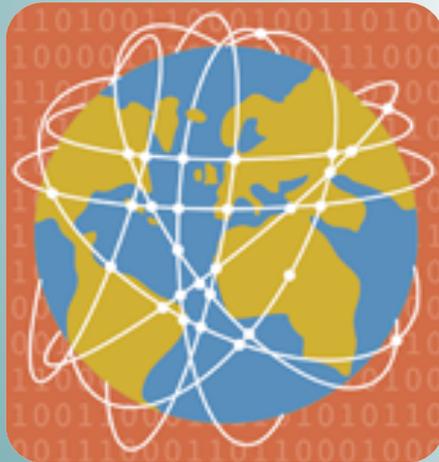


Protocolos de Interconexión de Redes

Tema 02. Interconexión de Redes



Alberto E. García Gutiérrez

DPTO. DE INGENIERÍA DE COMUNICACIONES

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)

Introducción

Conectar equipos plantea múltiples dificultades:

- Pueden estar soportadas por medios físicos diferentes (fibra óptica, coaxial fino o grueso, par trenzado, etc.)
- Pueden tener diferentes velocidades (FDDI a 100 Mbps y Ethernet a 10 Mbps).
- Su MTU (Maximum Transmission Unit), es decir el tamaño máximo de transmisión, también puede ser diferente.
- Unas subredes pueden ser orientadas a conexión y otras no.
- En unos casos el servicio que ofrezcan será fiable (X.25) y en otros no (Ethernet).

Interconexión de Equipos

Los equipos se conectan utilizando uno o varios medios de transmisión estableciendo un dominio de interconexión

- Sus características están directamente relacionadas con:
 - El medio de transmisión
 - El mecanismo de acceso y compartición del medio
 - Los mecanismos de intercambio de la información

- **Dominio de colisión:**

conjunto de estaciones que se ven afectadas por una colisión (tanto si participan en ella como si no)

- **Dominio de difusión:**

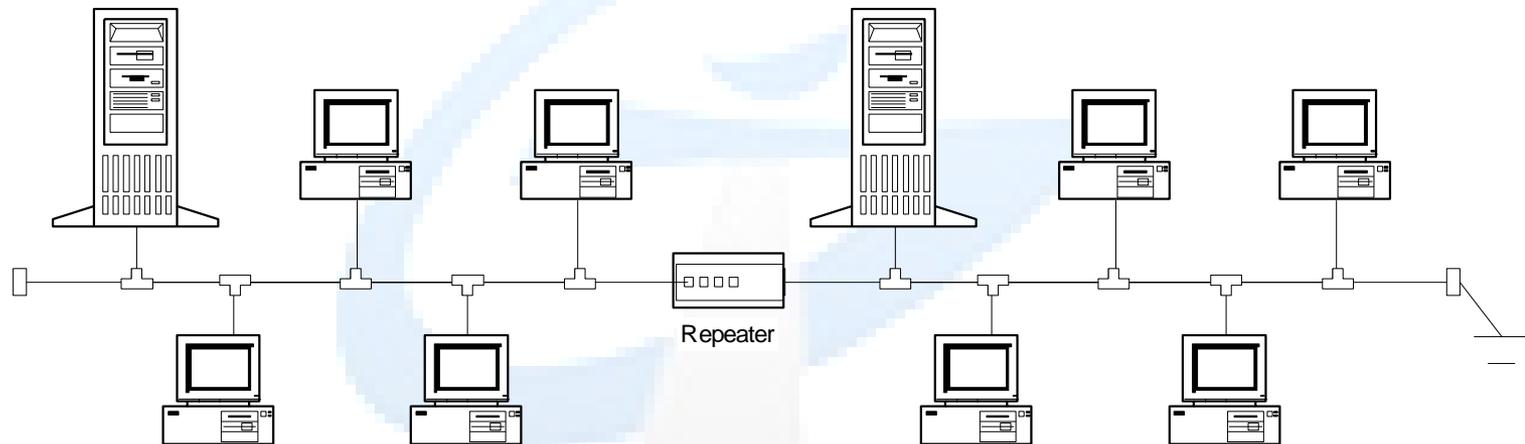
conjunto de estaciones que recibe una difusión efectuada por alguna de ellas

- Los dominios de colisión pueden agruparse en uno o varios dominios de difusión \approx **Red**
- Los dominios de difusión pueden agruparse formando **Sistemas autónomos**

Medios de Transmisión vs. MAC

Cable Coaxial Fino (THIN)

Denominación: **10Base2 / RG58**



Impedancia 50 Ohm

Conector "BNC"

Velocidad de Transmisión max. 10 Mbps.

Transmisión en Banda Base

Distancia max. por segmento 200 m (185 m).

Uso más común:

Topología: BUS

MAC: Contienda (CSMA-CD)

Medios de Transmisión vs. MAC

Cable Coaxial Grueso (THICK)

máximo 500 m.

Denominación: **10Base5**

Velocidad de operación 10Mbps

Transmisión en Banda Base

Distancia del segmento 500 m

Impedancia 50 Ohm

Conector "N", transceivers (vampire)

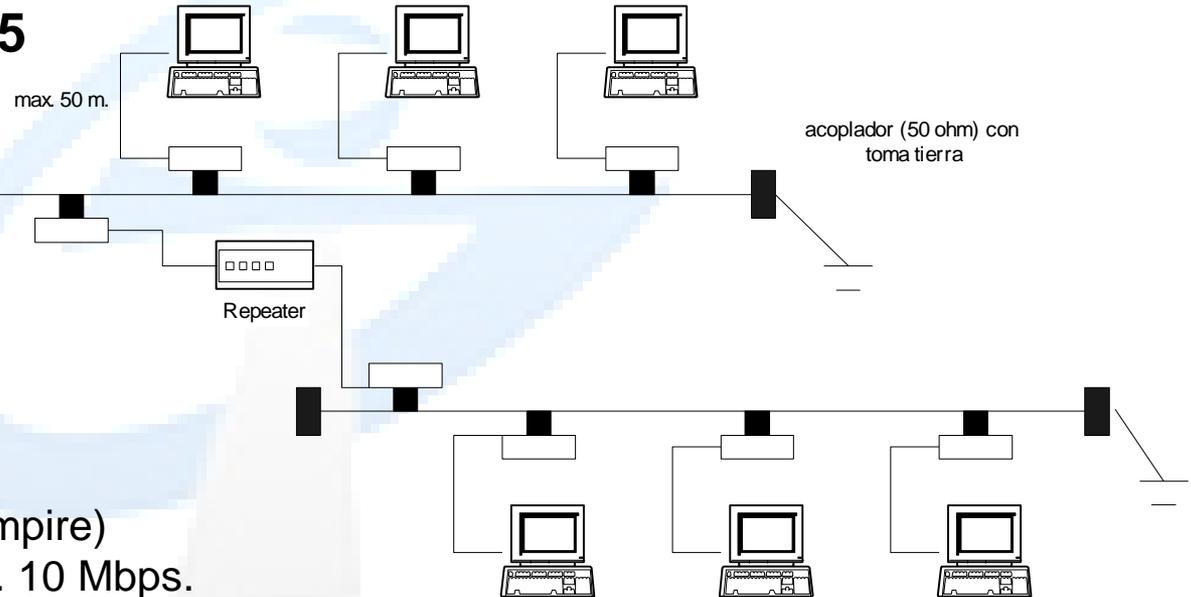
Velocidad de Transmisión max. 10 Mbps.

Transmisión en Banda Base

Distancia max. por segmento 500 m.

Distancia mín. Entre equipos 2.5 m

30 equipos / 185 m.



Uso más común:

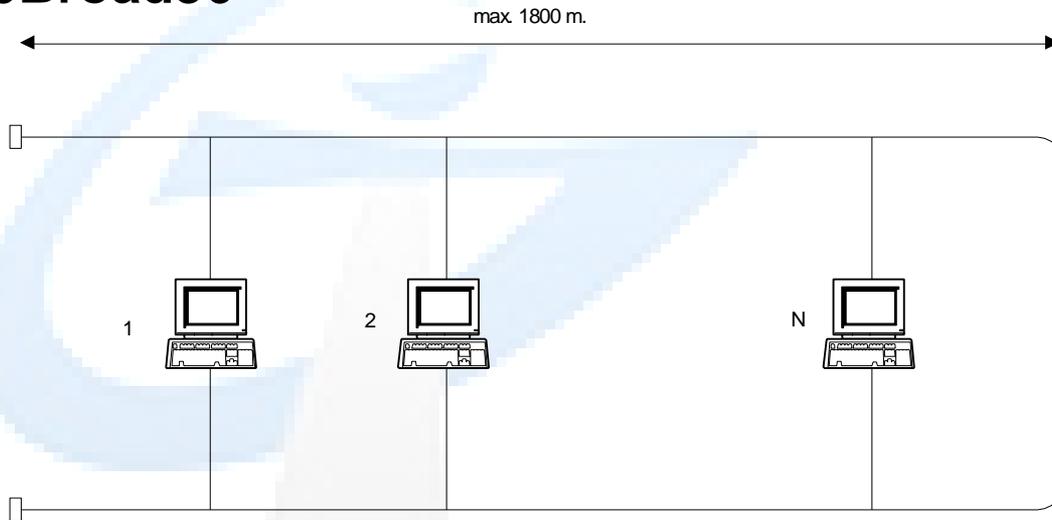
Topología: **BUS / ANILLO**

MAC: **Contienda (CSMA-CD) / Token Ring**

Medios de Transmisión vs. MAC

Cable Coaxial BA (BROAD)

Denominación: **10Broad36**



Impedancia 75 Ohm

Velocidad de Transmisión ¿max?. 10 Mbps.

Transmisión en Banda Ancha

Distancia max. por segmento 3600 m.

Distancia real de cobertura 1800 m.

... Otros: TWIN-AXIAL

Uso más común:

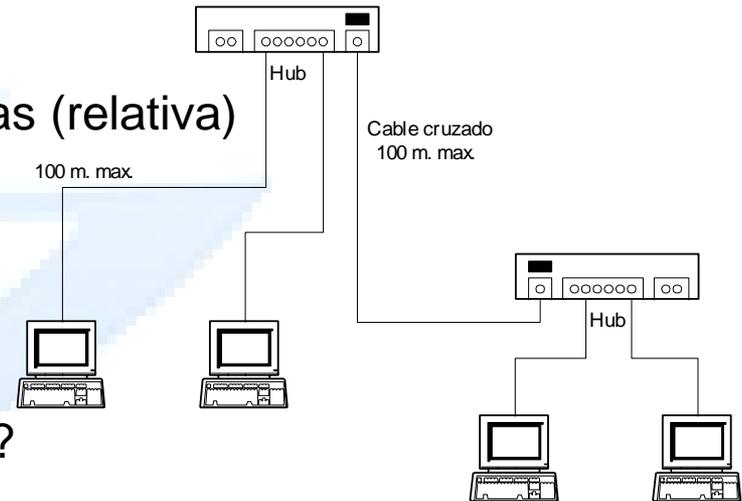
Topología: BUS /ANILLO ???

MAC: DQDB

Medios de Transmisión vs. MAC

Cable de Par Trenzado

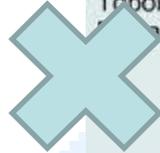
- ΔB : Elevado
- Distancia : Depende de la velocidad
- Fiabilidad: Protección contra interferencias (relativa)
- Seguridad: Baja, fácil de pinchar
- Instalabilidad: Muy sencilla
- Coste: Barato
- Aplicaciones: Datos, Voz, Audio, ¿VÍdeo?



Uso más común:
Topología: ARBOL (BUS-ESTRELLA)
MAC: Contienda (CSMA/CD)

Medios de Transmisión vs. MAC

Fibra Optica



Topología de Barrido		Topología em Estrela Estendida	
Topología em Anel		Topología Hierárquica	
Topología em Estrela		Topología em Malha	



Uso más común:
Topología: Sustituye al UTP/STP
MAC: Contienda (CSMA/CD)

Medios de Transmisión vs. MAC

Wireless (WIFI)



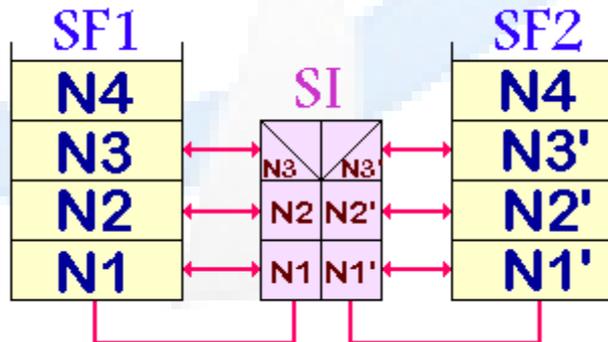
Uso más común:
Topología: ESTRELLA / ARBOL
MAC: Contienda (CSMA/CA)

Protocolos para Interconexión de Redes

Interconexión según el modelo de referencia

“...establecer los medios, procedimientos y soluciones que permitieran la perfecta comunicación de las arquitecturas extremas capa a capa, independientemente de la arquitectura a la que pertenezca.”

- Solo se puede establecer diálogo nivel a nivel si estos son iguales
- Si no lo son: Sistema Intermedio para convertir de un protocolo a otro



Sistemas Intermedios: sistemas auxiliares para interconexión de redes sin incluir todos los niveles OSI

Repetidores, Puentes, Routers, Pasarelas

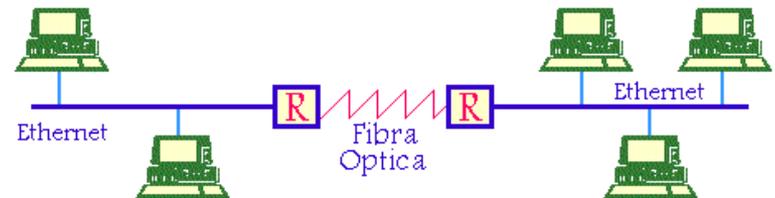
Protocolos para Interconexión de Redes

Interconexión a nivel físico

- Es el caso más sencillo



- Repetidores: son activos y como tales amplifican la señal además de convertir formatos.
- Adaptadores de impedancias: son pasivos.
- Red Ethernet con coaxial a un lado y par trenzado al otro.
- Si tenemos varios edificios que cablear, puede que no sea posible unirlos directamente, pues la cobertura de una red Ethernet no pasa de los 100-200 metros.
- Lo que sí podemos hacer por ejemplo, es usar un par de repetidores por edificios a conectar y unirlos con fibra óptica.
- Utilización de Hubs, que amplifican y distribuyen todas las señales que les llegan a todas las estaciones conectadas.
- Conceptualmente es igual que si todos estuvieran conectados al mismo cable.



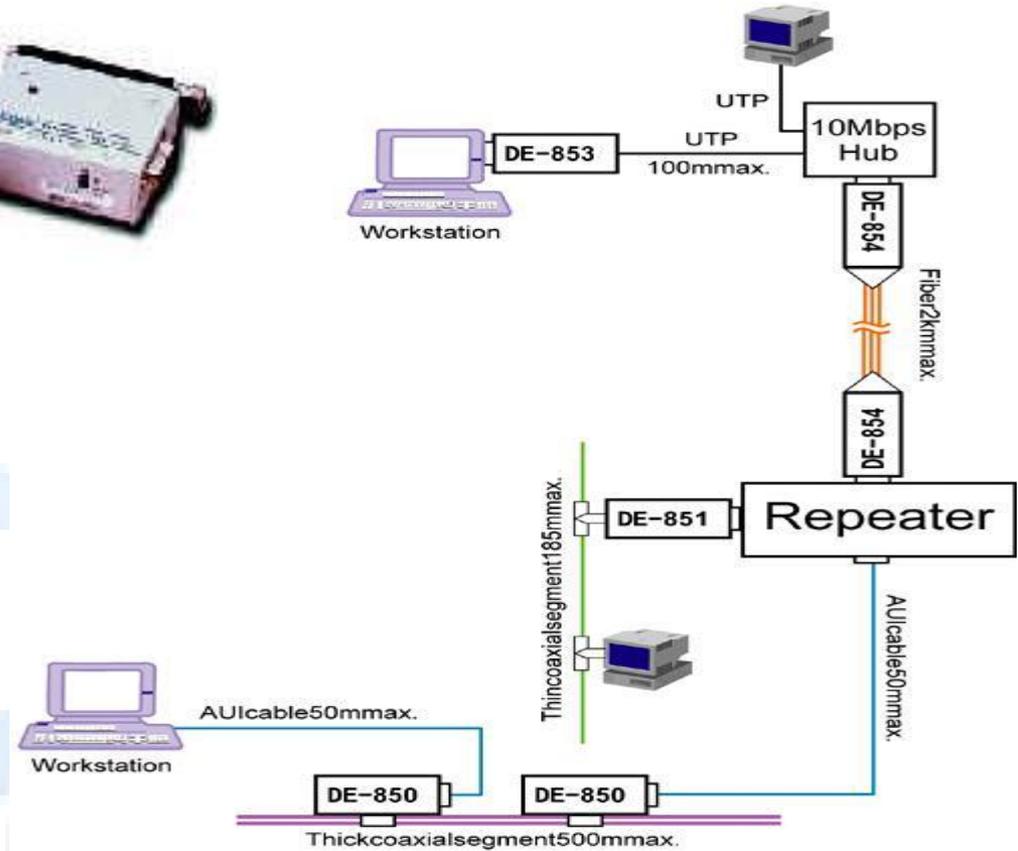
Interconexión de Redes



Transceptores



Convertidores de medios



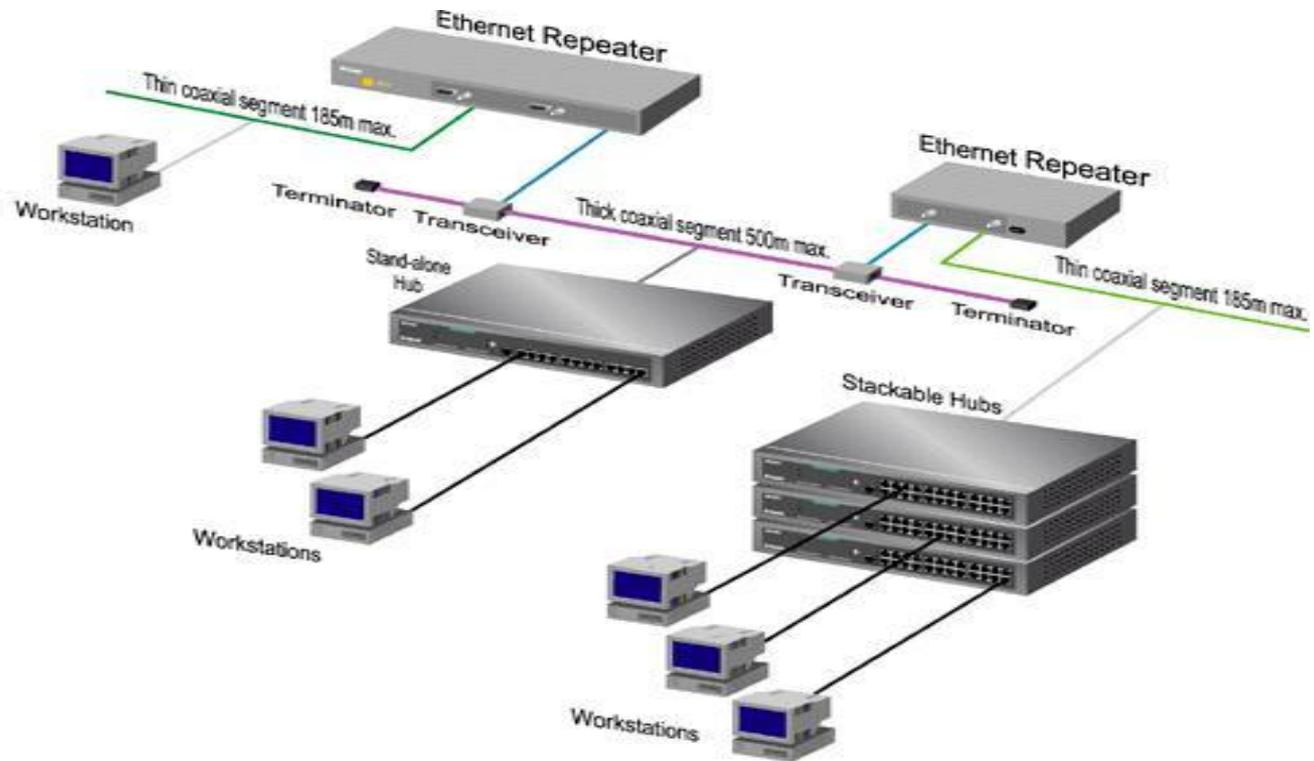
Protocolos para Interconexión de Redes

Interconexión a nivel físico: Hubs

Hub \approx concentrador

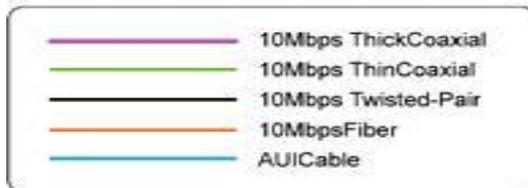
- 1ª generación: concentradores de cableado:
- bus posterior (backplane) como medio compartido
- 2ª generación: concentradores multimedio
- 3ª generación: integran puentes o encaminadores
- integran la gestión de red
 - planos posteriores segmentados
- 4ª generación: integran pasarelas y tecnología ATM
- plano posterior segmentado de muy alta velocidad

Interconexión de Redes



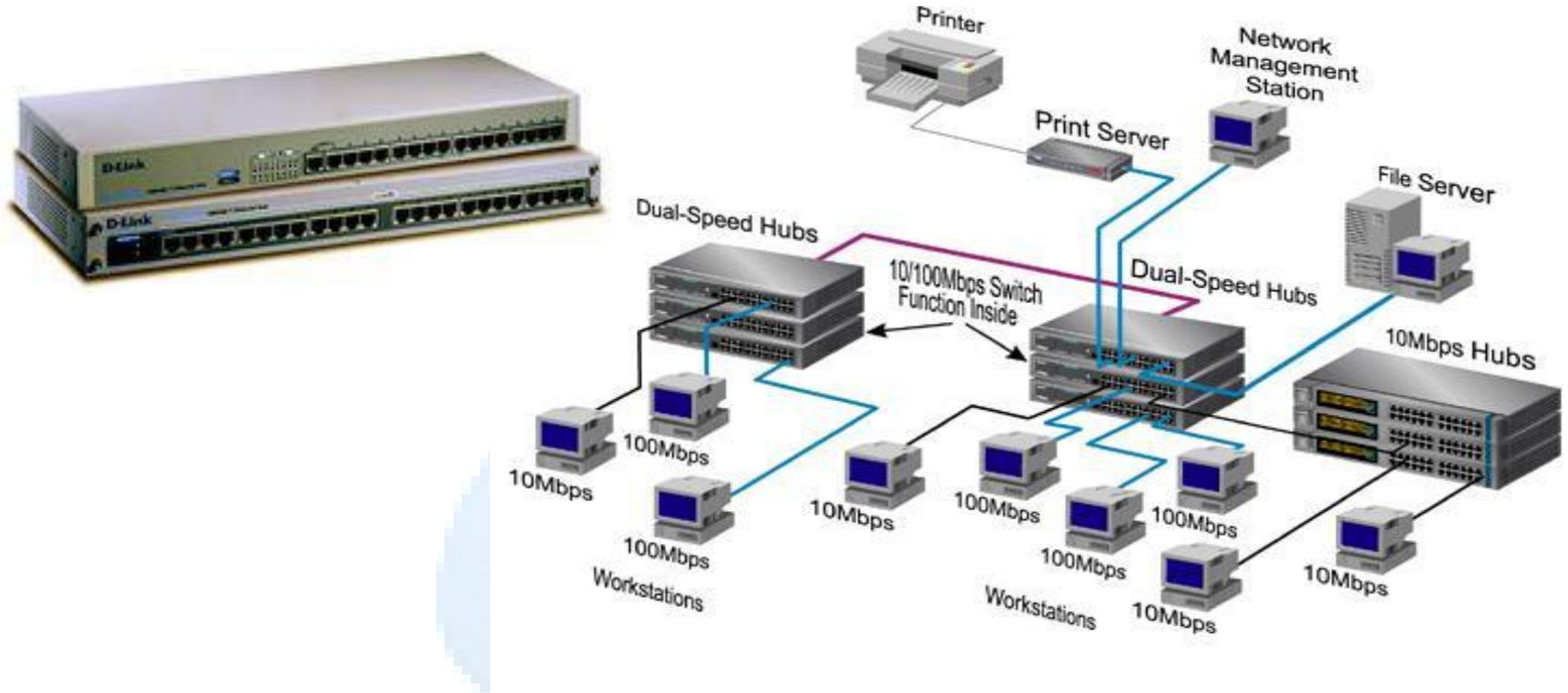
Connecting Ethernet Repeaters

Coaxial cable segments are joined together through Ethernet repeaters to extend the length of the coaxial backbone >>>



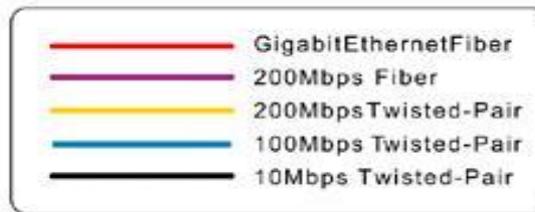
Protocolos para Interconexión de Redes

Interconexión de Redes



Shared Bandwidth Topology

Connecting 10Mbps and 100Mbps users together through hubs

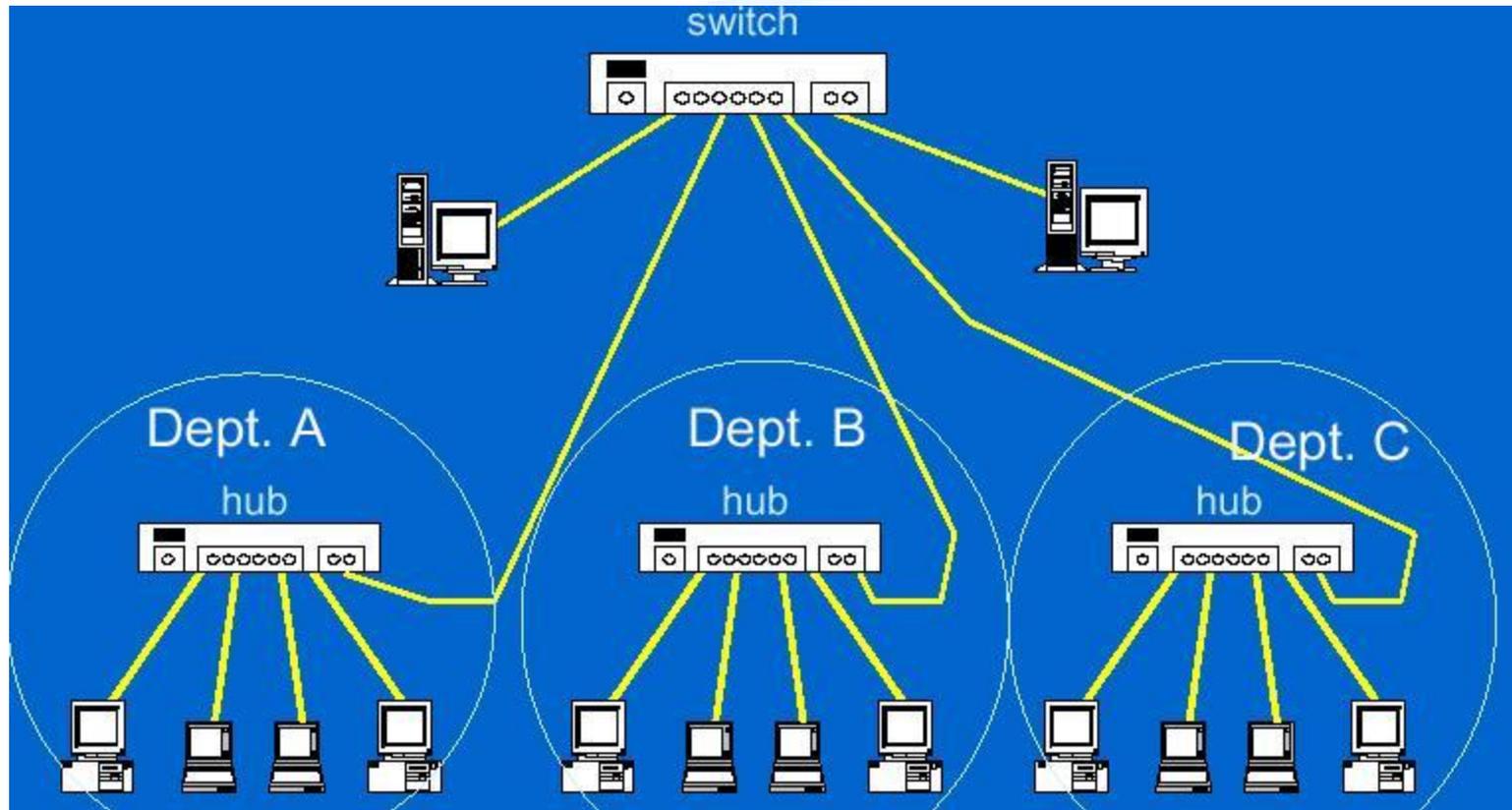


Protocolos para Interconexión de Redes

Hub vs. Switch

- Recibe por un puerto ... Retransmite por todos los puertos restantes
 - Todos los puertos pertenecen al mismo dominio de colisión
 - La velocidad máx. del hub es la del más lento de la red, independientemente de las velocidades del resto
 - Es simple, barato y prácticamente no introduce retardos
- Recibe por un puerto ... Retransmite por uno ó varios puertos
 - Conoce y “aprende” tanto los ordenadores como los puertos que utilizan
 - Separa dominios de colisión... e incluso de difusión
 - Almacena la trama antes de reenviarla (“store & forward”):
 - Controla los errores de trama
 - Adapta velocidades de puertos y dispositivos distintos
 - “Auto-Negotiation”: negocia con los dispositivos la velocidad de funcionamiento
 - 10/100 Mbps
 - “full-duplex” / “half-duplex” Velocidad de proceso elevada “back-plane” = ΔB máx
 - Resuelven “bucles” (Spanning Tree Protocol IEEE 802.1d)

Combinación switch/hub

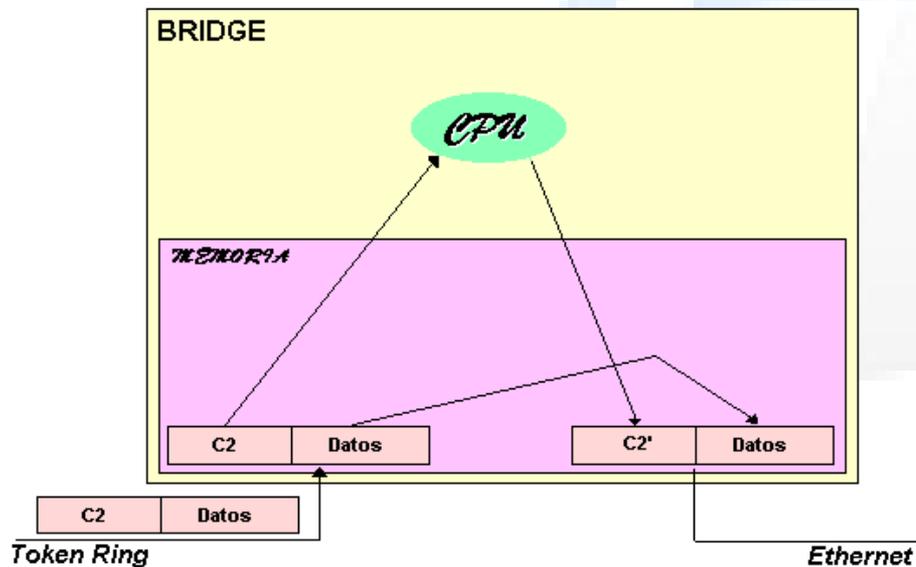


Interconexión a nivel de enlace

SI



bridges o puentes: deben ser inteligentes (CPU + memoria), pues deben entender y procesar las tramas de nivel 2



1. El bridge se dedica a escuchar las tramas del Token Ring(TR) y de Ethernet.
2. Cada trama que llega se copia en su memoria interna.
3. La CPU analiza C2 (cabecera de nivel 2 del TR en este caso). Si el destino está en el TR descarta la trama, pues se supone que de A a B llegará sin problemas.
4. Si el destino está en la red Ethernet, crea una cabecera C2' (cabecera Ethernet de nivel 2) convirtiendo C2 y rellena el campo de datos con los datos originales (los de C2).

Interconexión a nivel de enlace: usos y limitaciones

Limitaciones

- Si los protocolos son muy distintos, no vale este esquema.
- Si la longitud máxima de las tramas es diferente, tengo que obligar al que la tiene mayor a transmitir sólo a la longitud máxima del menor (o bien usar un router, pero ya a nivel 3).

Entornos de uso

- Entornos locales (Ethernet, Token Ring...), que han sido ambos estandarizados por el mismo organismo (IEEE) y tienen una estructura de cabeceras parecidas.
- Útil para redes iguales con distintas velocidades.
- También se usa para unir varios segmentos del mismo tipo (Ethernet por ejemplo) con el fin de obtener mayor privacidad. El tráfico local de cada segmento no será enviado a otros. Sólo se enviarán los que tengan dirección destino en otro segmento. (De otra forma podría pinchar el cable y ver todo el tráfico que circule e incluso utilizar analizadores de protocolo).

Diferencias switch/puente

- Los conmutadores son apreciablemente más rápidos
- Realizan conmutación hardware frente a la conmutación software de los puentes
- Pueden conectar segmentos de red con distinto ancho de banda
- Permiten más puertos que los puentes y el coste por puerto es más barato
- En la actualidad los conmutadores están reemplazando a los puentes en la mayoría de instalaciones (redes homogéneas)

Interconexión a nivel de enlace: puentes

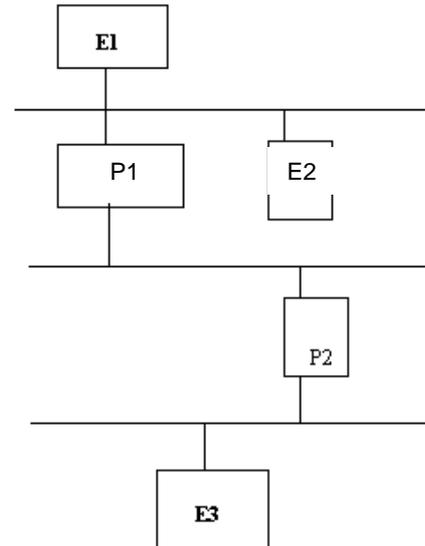
Encaminamiento transparente o de aprendizaje, normalmente asociado a las redes tipo Ethernet, si bien también se puede utilizar en las redes de paso de testigo.

Encaminamiento fuente, asociados exclusivamente a las redes de paso de testigo en anillo.

Encaminamiento mixto fuente-transparente, que permite la interconexión de estaciones que operen con los procedimientos anteriores.

Interconexión a nivel de enlace: Puentes Transparentes

- Estado inicial: tabla vacía (1 columna/puerto)
- Si no conoce el puerto de destino, el puente retransmite por todos los puertos excepto por el de origen, y aprende dónde está situado el equipo que transmitió
- Si conoce el puerto de destino, retransmite solo por ese puerto
- Cada cierto tiempo los puentes borran las entradas de sus tablas que no hayan estado utilizadas durante un tiempo determinado



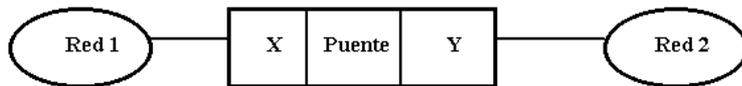
ESTADO INICIAL	E1 -> E3	E3 -> E1
-	E1	E1
-	-	E3
-	E1	E1
-	-	E3

Puentes transparentes: Algoritmo de aprendizaje

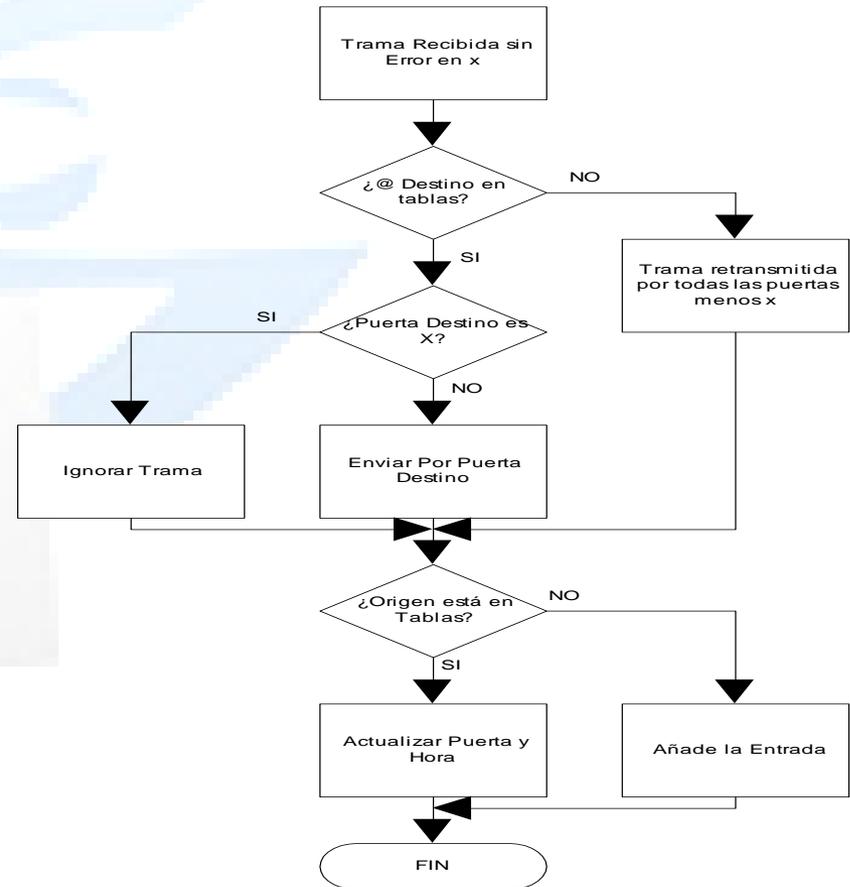
1ª fase: Escucha, aprendiendo las direcciones MAC de origen de las tramas

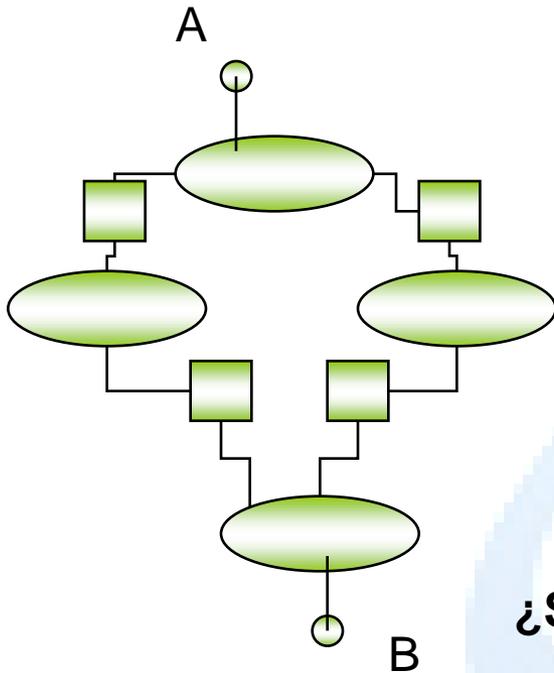
2ª fase: Aprende direcciones a la vez que propaga las tramas

3ª fase: si en un tiempo dado no se activa una entrada, se borra

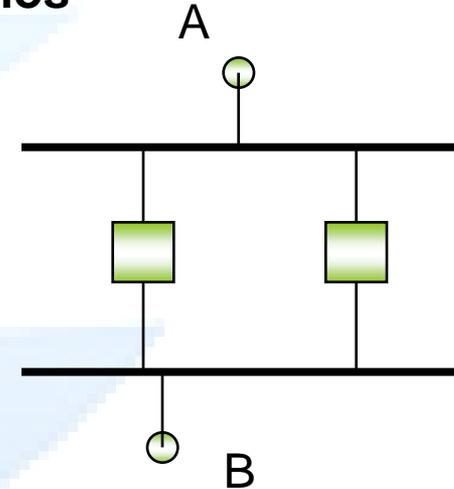


INTERFAZ	@MAC	TIEMPO





Problema de los Ciclos



¿SOLUCIÓN? EVITARLO

1ª SOLUCIÓN: Prohibir los bucles

Si existen... culpar al administrador

2ª SOLUCIÓN: Que un puente u otro detecte el bucle

¿Cómo?

3ª SOLUCIÓN: Algoritmo que seleccione un ARBOL

Existirán bucles, pero INACTIVOS: SPANNING TREE

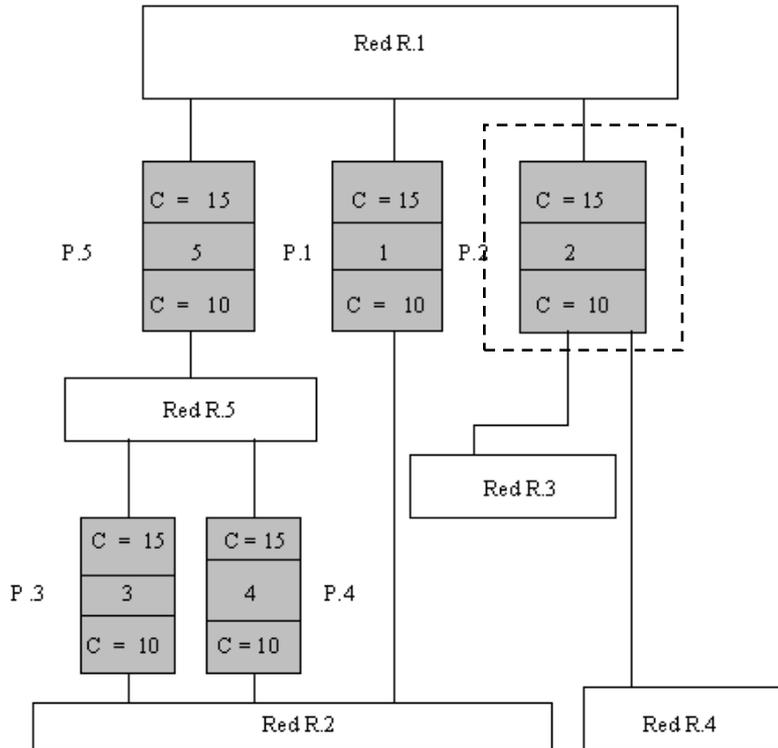
Los bucles son buenos !!! → Bucle = Camino alternativo = Tolerancia a fallos

Protocolos para Interconexión de Redes

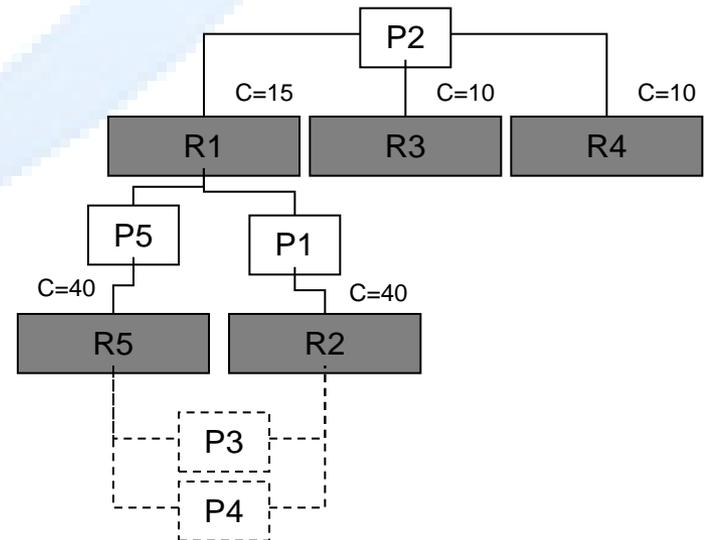
Puentes transparentes: Spanning Tree

1. **Asignación de coste de las puertas de los puentes:** En este tipo de puentes, el administrador de la red da unos pesos a las puertas de los puentes. Ese peso puede ser, por ejemplo, asignado en función del coste o por la congestión del tráfico
2. **Identificación de los puentes:** A cada puente se le asigna un subíndice. La identificación del subíndice se puede realizar de la manera que al diseñador le convenga.
3. **Asignación del puente raíz:** Se selecciona uno de los puentes para ser el puente raíz del árbol de expansión. Lo más normal es seleccionar un puente con elevado peso agregado para todas sus puertas.
4. **Determinar el coste para cada segmento:** Este paso consiste en obtener el coste de conexión de un segmento al puente raíz. Para determinar el coste que haya entre un puente y una red, habrá que sumar los costes de atravesar cada una de las puertas de los puentes que los conecten. Esto deberá hacerse para todas las conexiones que existan en la red.
5. **Determinar el coste mínimo al nodo raíz para cada segmento:** Esto es, determinar para cada segmento o subred el coste mínimo para llegar hasta el puente raíz. Entre todos los posibles caminos que existen entre segmento y puente se elige el del coste mínimo. En caso de que existan dos caminos con el mismo coste, se selecciona aquel que conecte el segmento con el puente de menor subíndice.

Puentes transparentes: Ejemplo de spanning tree

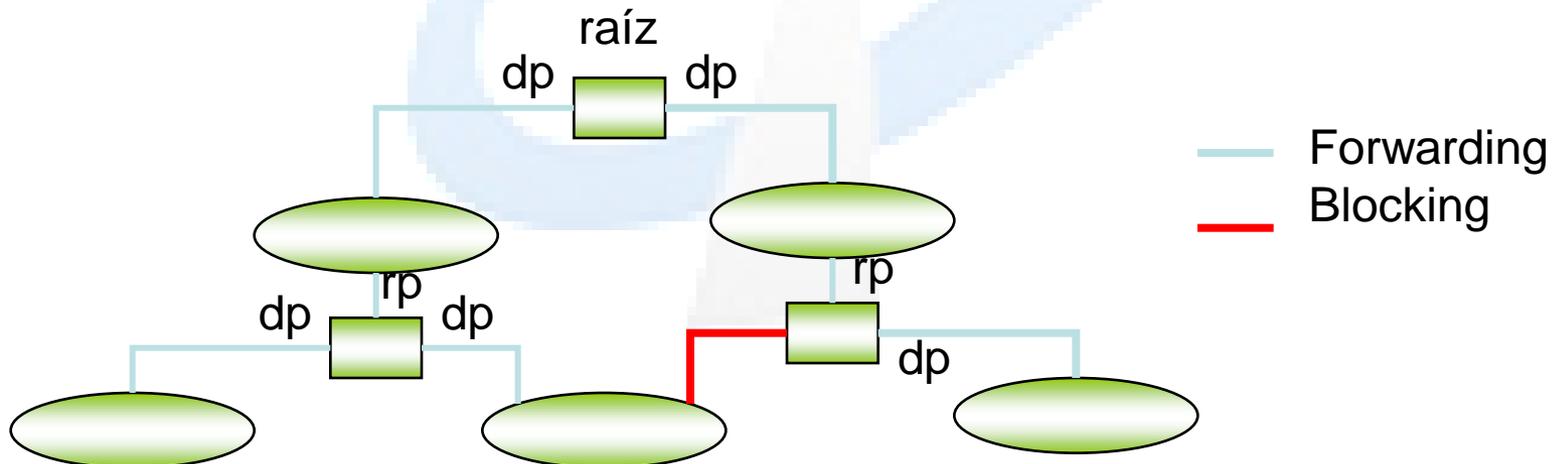


Camino	Coste
R.5 -> P5 -> P2	10+15+15=40
R.5 -> P3 ->R.2 -> P2	15+10+10=35
R.5 -> P4 -> R2 -> P2	15+10+10=35



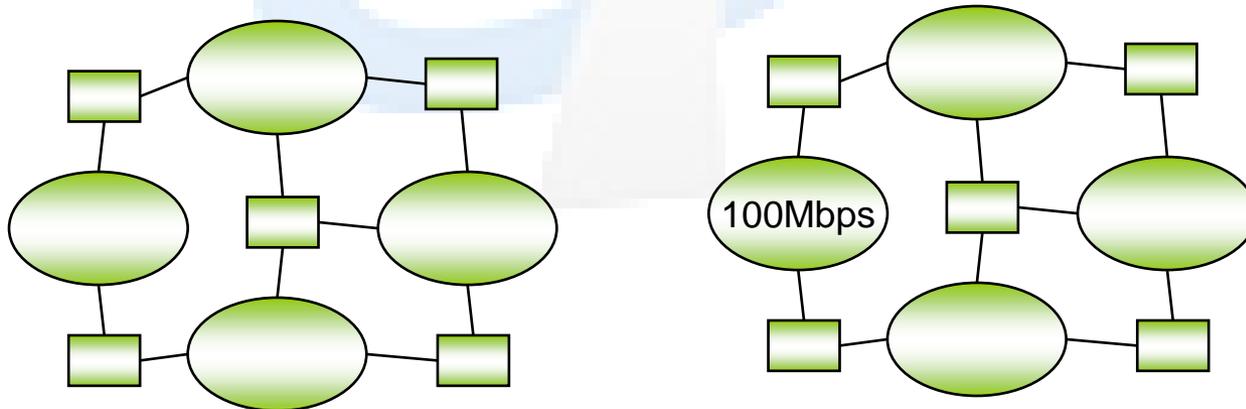
Cálculo del Arbol

1. Selección del Puente RAÍZ
2. Cada puente decide qué puerto le une al puente raíz con menor "Coste" = ROOT PORT (rp)
3. Se selecciona un solo puente para cada LAN (DESIGNATED BRIDGE)= el que ofrece menor coste de alcanzabilidad al Puente raíz. El puerto que da este servicio es el DESIGNATED PORT (dp)
4. Todos los puertos que no sean (rp) o (dp) quedan anulados



Selección del RAIZ

- ROOT-ID = Prioridad + Dir. MAC de uno de los adaptadores de red
 - Prioridad tiene un valor de fábrica de 128
 - Configurable por el administrador
- Problema: No siempre es fácil seleccionar el ROOT



Mensajes de Configuración

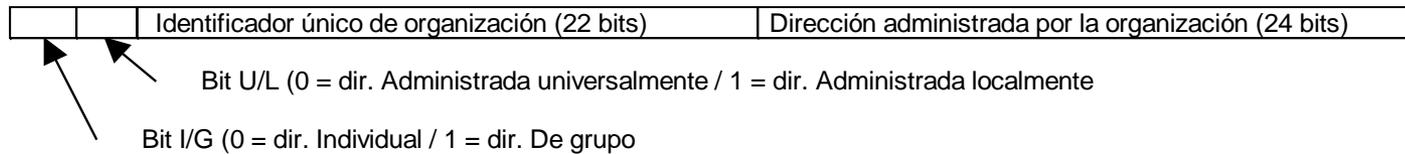
Destino	Origen	Tipo	Datos
1.....		4242	Mensaje de Configuración (BPDU)

1. Periódicamente Hello-BPDU (1 a 10 seg)
2. Selecciona Nodo RAIZ = Más bajo ID
3. Mejor métrica
4. Designate bridge (mejor métrica al raíz)
5. Root Port
6. Designated Ports => resto blocking

Root-ID
Cost
Bridge-ID
Port-ID
...
otros

MAC (Media Access Control address)

- Id. **hexadecimal** de **48 bits** que se corresponde de forma única con una tarjeta o interfaz de red.
- Es **individual**, cada dispositivo tiene su propia dirección MAC determinada
- **IEEE_ID** (24 bits)+Fabricante_ID (24 bits).
 - **MAC-48,**
 - **EUI-48,**
 - **EUI-64**
- **No todos los protocolos de comunicación usan direcciones MAC**
- **No todos los protocolos requieren identificadores globalmente únicos**



BPDU de spanning tree

Identificador de protocolo (2 bytes)		
Versión (1 byte)		
Tipo de mensaje (1 byte)		
Señaladores (1 byte):		
ID de raíz (8 bytes):	}	<i>Prioridad de puente (2 bytes)</i>
Costo a la raíz (4 bytes)		
ID de puente (8 bytes)		
ID de puerto (2 bytes)		
Antigüedad del mensaje (2 bytes)		
Antigüedad máxima (2 bytes)		
Tiempo de Hello (2 bytes)		
Retardo de envío (2 bytes)		

El switch con la prioridad de puente más baja es el puente raíz.

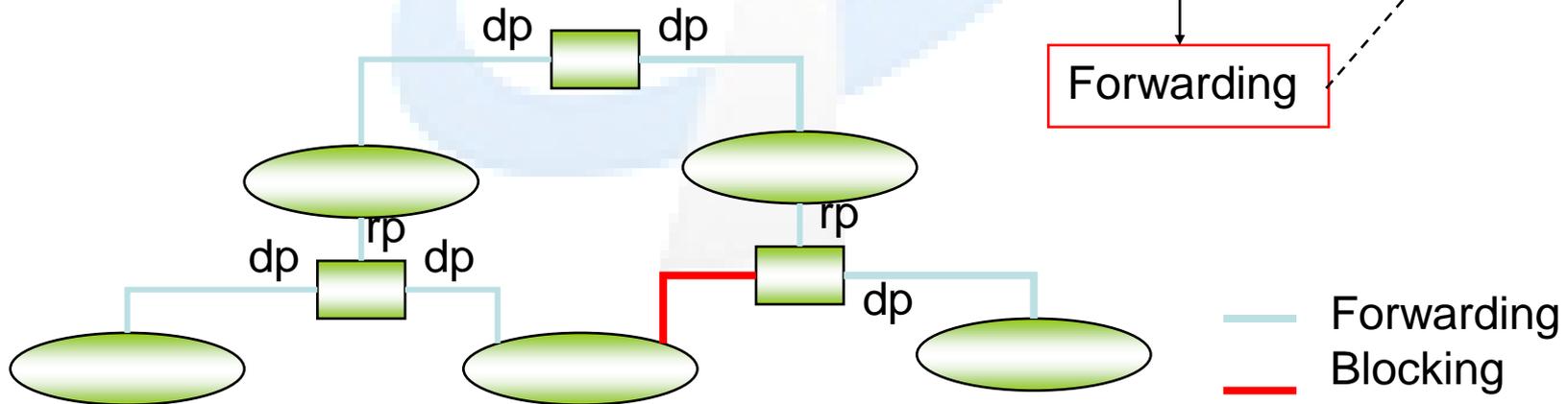
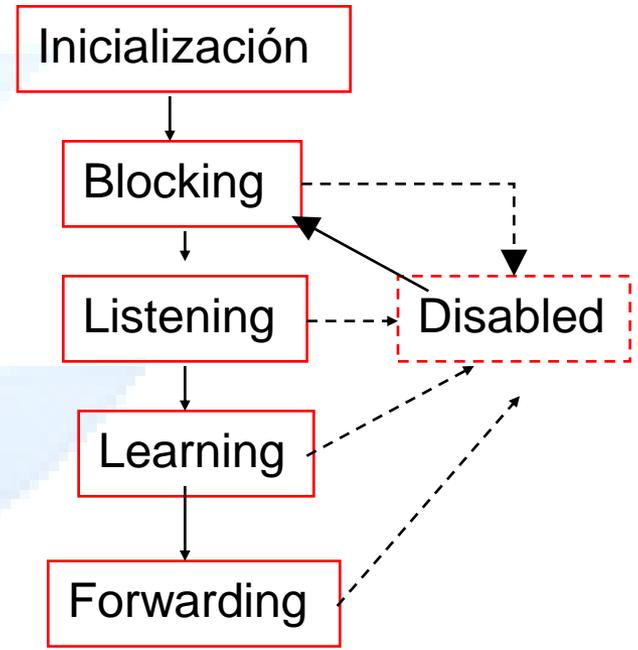
El ID de puente más baja (dirección MAC) es el elemento de desempate.

¿Coste?

- Por defecto, el coste de puerto generalmente se basa en el medio o ancho de banda del puerto.
- En los switches Cisco Catalyst, este valor surge al dividir 1000 por la velocidad de los medios en megabits por segundo.
 - Ejemplos:
 - Ethernet estándar: $1.000/10 = 100$
 - Fast Ethernet: $1.000/100 = 10$

Estado de los puertos

Estado	Puerto
forwarding	Root-port, designated-port
listening	Estados intermedios (forward delay)
learning	Estados intermedios (forward delay)
blocking	resto
disabled	



“MEJOR MENSAJE”

- Los puentes reciben los mensajes de configuración de sus vecinos y eligen el “mejor mensaje”.
- Configuran sus puertos en base al mejor mensaje entre
 - Los recibidos
 - El que genere el propio puente

[raíz, coste, puente, puerto]

Sea $M(A) = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ y $M(B) = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ dos BPDUs.

Decidimos que $M(A)$ es mejor que $M(B)$ si:

si $(a_1 < b_1)$ entonces $M(A)$ es mejor que $M(B)$ → el de menor raíz

si $(a_1 = b_1)$ entonces si $(a_2 < b_2)$ entonces $M(A)$ es mejor que $M(B)$ → el de menor coste

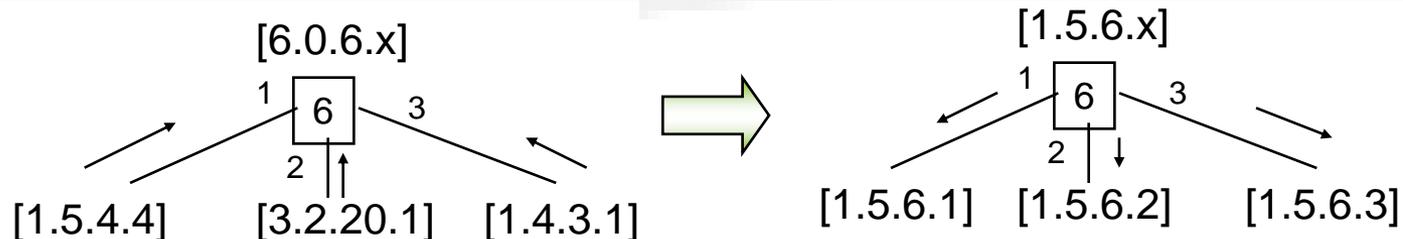
si $(a_1 = b_1)$ entonces si $(a_2 = b_2)$ entonces si $(a_3 < b_3)$ entonces

$M(A)$ es mejor que $M(B)$ → el de índice menor

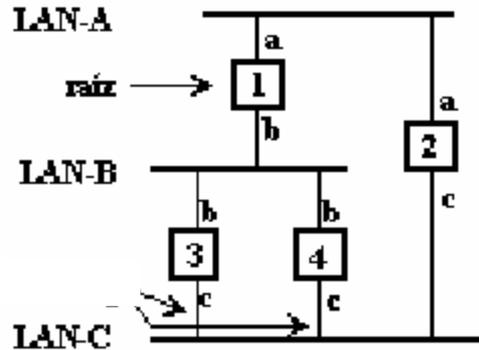
si $(a_1 = b_1)$ entonces si $(a_2 = b_2)$ entonces

si $(a_3 = b_3)$ entonces si $(a_4 < b_4)$ entonces

$M(A)$ es mejor que $M(B)$ → el de índice de puerto menor



Interconexión de Redes

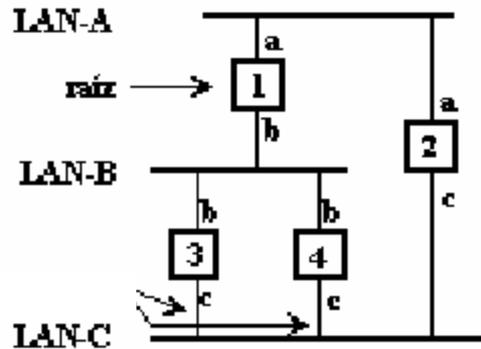


(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	Puentes-1		Puentes-2		Puentes-3		Puentes-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c

Protocolos para Interconexión de Redes

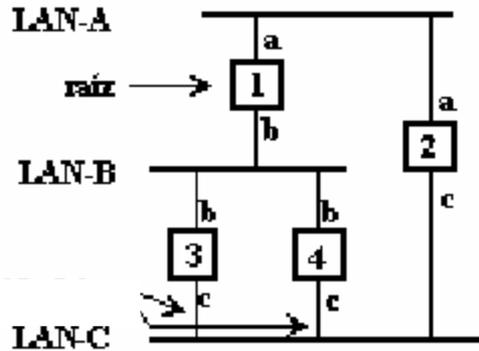
Interconexión de Redes



(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	1.0.1.x		2.0.2.x		3.0.3.x		4.0.4.x	
	Puenete-1		Puenete-2		Puenete-3		Puenete-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b 4.0.4.b	1.0.1.a	3.0.3.c 4.0.4.c	1.0.1.b 4.0.4.b	2.0.2.c 4.0.4.c	1.0.1.b 3.0.3.b	2.0.2.c 3.0.3.c

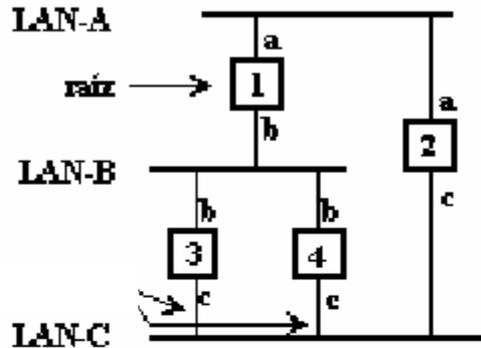
Interconexión de Redes



(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	1.0.1.x		2.0.2.x		3.0.3.x		4.0.4.x	
	Puente-1		Puente-2		Puente-3		Puente-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b 4.0.4.b	1.0.1.a	3.0.3.c 4.0.4.c	1.0.1.b 4.0.4.b	2.0.2.c 4.0.4.c	1.0.1.b 3.0.3.b	2.0.2.c 3.0.3.c
Tx-2	1.0.1.a	1.0.1.b						

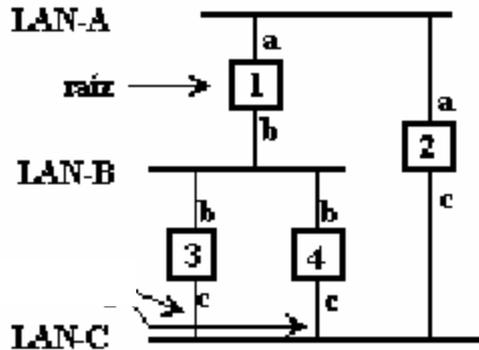
Interconexión de Redes



(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	1.0.1.x		2.0.2.x		3.0.3.x		4.0.4.x	
	Puentes-1		Puentes-2		Puentes-3		Puentes-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b 4.0.4.b	1.0.1.a	3.0.3.c 4.0.4.c	1.0.1.b 4.0.4.b	2.0.2.c 4.0.4.c	1.0.1.b 3.0.3.b	2.0.2.c 3.0.3.c
Tx-2	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b

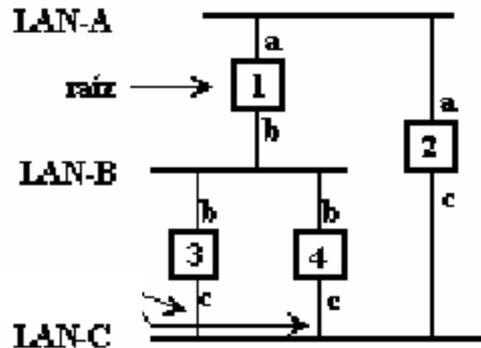
Interconexión de Redes



(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	1.0.1.x Puentes-1		2.0.2.x Puentes-2		3.0.3.x Puentes-3		4.0.4.x Puentes-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b 4.0.4.b	1.0.1.a	3.0.3.c 4.0.4.c	1.0.1.b 4.0.4.b	2.0.2.c 4.0.4.c	1.0.1.b 3.0.3.b	2.0.2.c 3.0.3.c
Tx-2	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Rx-2	1.1.2.a	1.1.3.b 1.1.4.b	1.0.1.a	1.1.3.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.4.b	1.1.2.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.3.b	1.1.2.c 1.1.3.c

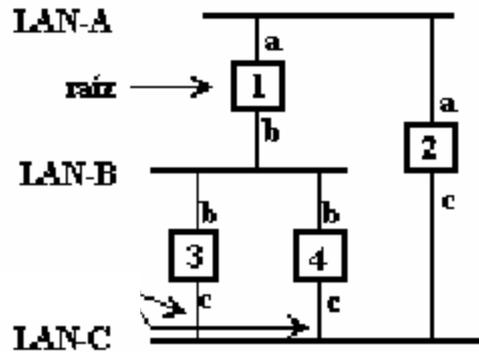
Interconexión de Redes



(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	1.0.1.x		2.0.2.x		3.0.3.x		4.0.4.x	
	Puente-1 a	Puente-1 b	Puente-2 a	Puente-2 c	Puente-3 b	Puente-3 c	Puente-4 b	Puente-4 c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b 4.0.4.b	1.0.1.a	3.0.3.c 4.0.4.c	1.0.1.b 4.0.4.b	2.0.2.c 4.0.4.c	1.0.1.b 3.0.3.b	2.0.2.c 3.0.3.c
Tx-2	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Rx-2	1.1.2.a	1.1.3.b 1.1.4.b	1.0.1.a	1.1.3.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.4.b	1.1.2.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.3.b	1.1.2.c 1.1.3.c
Tx-3	1.0.1.a	1.0.1.b						

Interconexión de Redes

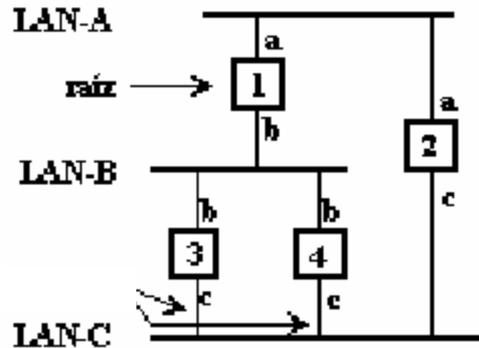


(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	1.0.1.x		2.0.2.x		3.0.3.x		4.0.4.x	
	Puentes-1		Puentes-2		Puentes-3		Puentes-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b 4.0.4.b	1.0.1.a	3.0.3.c 4.0.4.c	1.0.1.b 4.0.4.b	2.0.2.c 4.0.4.c	1.0.1.b 3.0.3.b	2.0.2.c 3.0.3.c
Tx-2	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Rx-2	1.1.2.a	1.1.3.b 1.1.4.b	1.0.1.a	1.1.3.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.4.b	1.1.2.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.3.b	1.1.2.c 1.1.3.c
Tx-3	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b

Protocolos para Interconexión de Redes

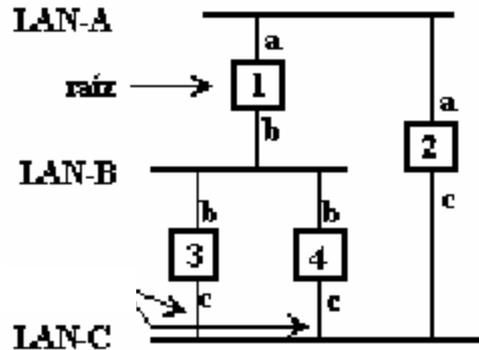
Interconexión de Redes



(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	1.0.1.x		2.0.2.x		3.0.3.x		4.0.4.x	
	Puentes-1		Puentes-2		Puentes-3		Puentes-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b 4.0.4.b	1.0.1.a	3.0.3.c 4.0.4.c	1.0.1.b 4.0.4.b	2.0.2.c 4.0.4.c	1.0.1.b 3.0.3.b	2.0.2.c 3.0.3.c
Tx-2	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Rx-2	1.1.2.a	1.1.3.b 1.1.4.b	1.0.1.a	1.1.3.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.4.b	1.1.2.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.3.b	1.1.2.c 1.1.3.c
Tx-3	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Puerto →	dp	dp						
estado →	Forwarding	Forwarding						

Interconexión de Redes

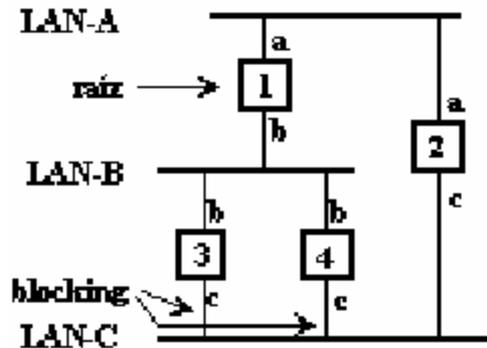


(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	1.0.1.x Puentes-1		2.0.2.x Puentes-2		3.0.3.x Puentes-3		4.0.4.x Puentes-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b 4.0.4.b	1.0.1.a	3.0.3.c 4.0.4.c	4.0.4.b	4.0.4.c	1.0.1.b 3.0.3.b	2.0.2.c 3.0.3.c
Tx-2	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Rx-2	1.1.2.a	1.1.3.b 1.1.4.b	1.0.1.a	1.1.3.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.4.b	1.1.2.c 1.1.4.c	1.0.1.b 1.1.3.b	1.1.2.c 1.1.3.c
Tx-3	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Puerto →	dp	dp	rp	dp				
estado →	Forwarding	Forwarding	Forwarding	Forwarding				

Protocolos para Interconexión de Redes

Interconexión de Redes

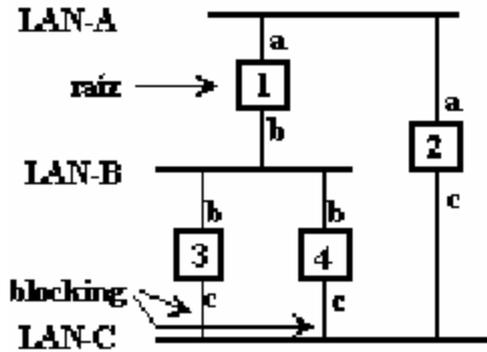


(root-id . cost . bridge-id . port-id)

Tiempo	1.0.1.x		2.0.2.x		3.0.3.x		4.0.4.x	
	Puentes-1		Puentes-2		Puentes-3		Puentes-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b	1.0.1.a	3.0.3.c	1.0.1.b	2.0.2.c	1.0.1.b	2.0.2.c
		4.0.4.b	4.0.4.c	4.0.4.c	4.0.4.b	4.0.4.c	3.0.3.b	3.0.3.c
Tx-2	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Rx-2	1.1.2.a	1.1.3.b	1.0.1.a	1.1.3.c	1.0.1.b	1.1.2.c	1.0.1.b	1.1.2.c
		1.1.4.b	1.1.4.c	1.1.4.c	1.1.4.b	1.1.4.c	1.1.3.b	1.1.3.c
Tx-3	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Puerto →	dp	dp	rp	dp	rp	blocked		
estado →	Forwarding	Forwarding	Forwarding	Forwarding	Forwarding	blocked		

Protocolos para Interconexión de Redes

Interconexión de Redes



(root-id . cost . bridge-id . port-id)

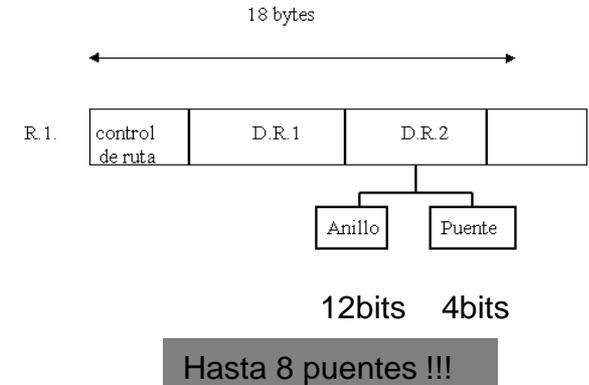
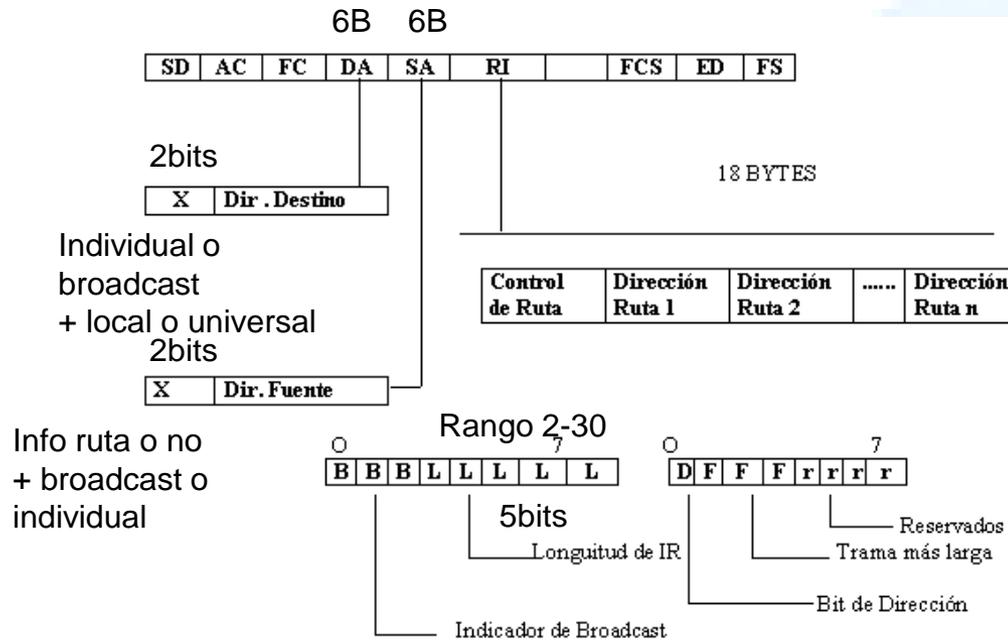
Tiempo	1.0.1.x		2.0.2.x		3.0.3.x		4.0.4.x	
	Puentes-1		Puentes-2		Puentes-3		Puentes-4	
	a	b	a	c	b	c	b	c
Tx-1	1.0.1.a	1.0.1.b	2.0.2.a	2.0.2.c	3.0.3.b	3.0.3.c	4.0.4.b	4.0.4.c
Rx-1	2.0.2.a	3.0.3.b	1.0.1.a	3.0.3.c	1.0.1.b	2.0.2.c	1.0.1.b	2.0.2.c
		4.0.4.b	4.0.4.c	4.0.4.c	4.0.4.b	4.0.4.c	3.0.3.b	3.0.3.c
Tx-2	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Rx-2	1.1.2.a	1.1.3.b	1.0.1.a	1.1.3.c	1.0.1.b	1.1.2.c	1.0.1.b	1.1.2.c
		1.1.4.b	1.1.4.c	1.1.4.c	1.1.4.b	1.1.4.c	1.1.3.b	1.1.3.c
Tx-3	1.0.1.a	1.0.1.b	1.1.2.a	1.1.2.c	1.1.3.b	1.1.3.c	1.1.4.b	1.1.4.b
Puerto →	dp	dp	rp	dp	rp	blocked	rp	blocked
estado →	Forwarding	Forwarding	Forwarding	Forwarding	Forwarding	blocked	Forwarding	blocked

Puentes encaminamiento fuente

- Requiere que la fuente del mensaje (no el puente) suministre la información necesaria para enviarlo a su destino.
 - El puente no necesita mantener tablas de encaminamiento
 - La decisión de enviar o descartar una trama se hace en función de datos contenidos dentro del mensaje (campos de la trama).
 - La fuente del mensaje usa un protocolo de descubrimiento de rutas, enviando, mediante difusión (broadcast), unas tramas especiales de “exploración”. Cada puente que lo recibe intercala en él información de la ruta por la que ha llegado y su propio identificador.
-
- El destino recibe por varias rutas y elige una
 - Una ruta por múltiples segmentos LAN se traduce a una secuencia de números de segmentos y números de puentes
 - Identificador de ruta: (número de segmento, número de puente)

<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/nd2004.htm>

Puentes encaminamiento fuente: Indicador de ruta



BBB: Indicador de broadcast toma los siguientes valores:

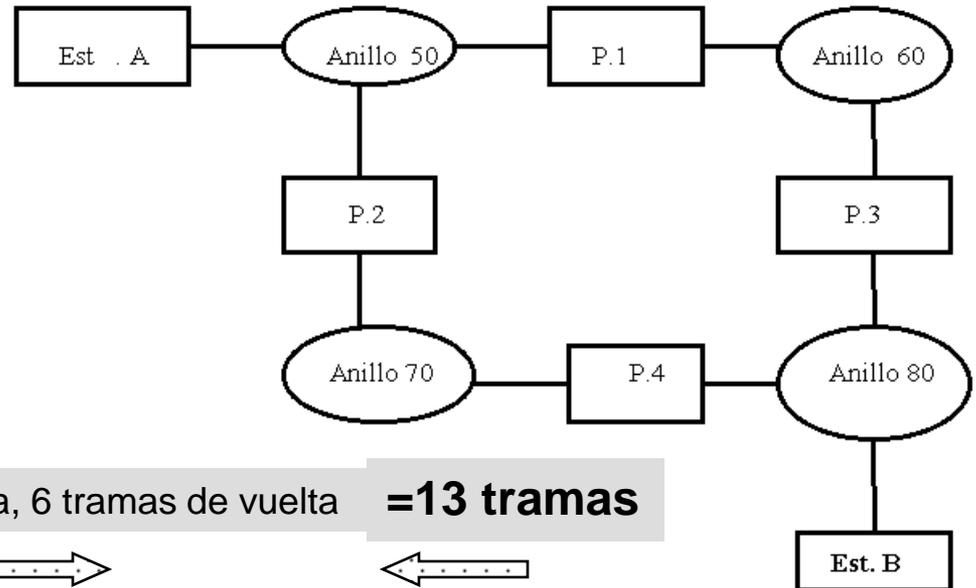
- OXX No hay difusión
- 10X Difusión por todas las rutas (ARB)
- 11X Difusión por una única ruta (SRB)

LLLLL : Longitud del campo de control de ruta
D : Indica dirección (entra o sale de la puerta)

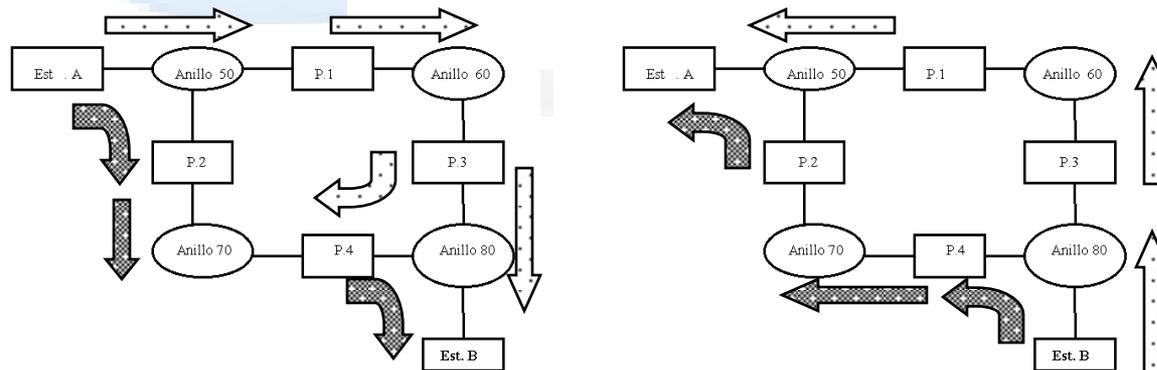
Dos procedimientos de resolución de ruta: **ARB** y **SRB**

Puentes encaminamiento fuente: ARB (All Routes Broadcast)

- TEST o XID a todos los anillos, con BBB=10x
- RI se completa según la trama avanza
- El destino recibe tantas LPDU como rutas disponibles
- Se devuelve la trama con BBB=000 y D=1, retornando por la vía construida en la LPDU

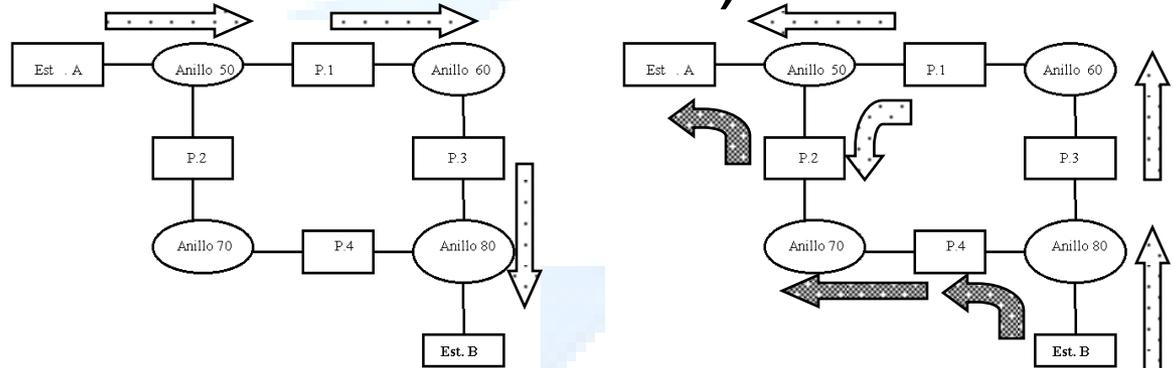


4+3 tramas de ida, 6 tramas de vuelta = 13 tramas



Puentes encaminamiento fuente: SRB (Single Route Broadcast)

- TEST o XID por el árbol de expansión, con BBB=11x
- RI se completa según la trama avanza
- El destino recibe una sola LPDU
- Se devuelve la trama mediante mecanismo ARB
- El origen recibe tantas LPDU como rutas disponibles y selecciona la primera en llegar

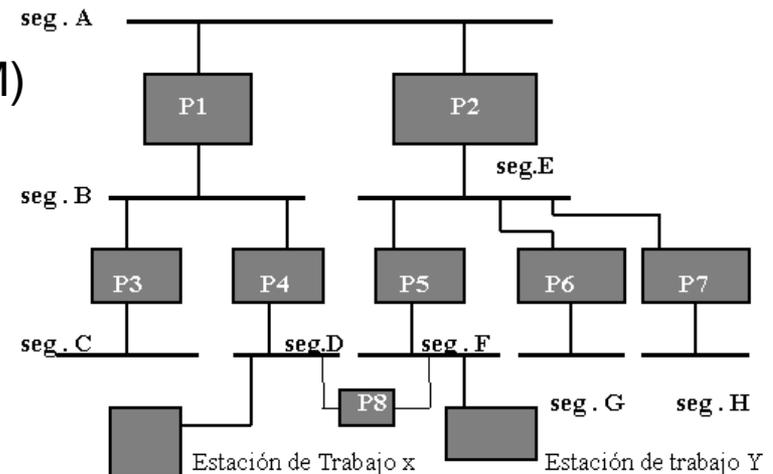
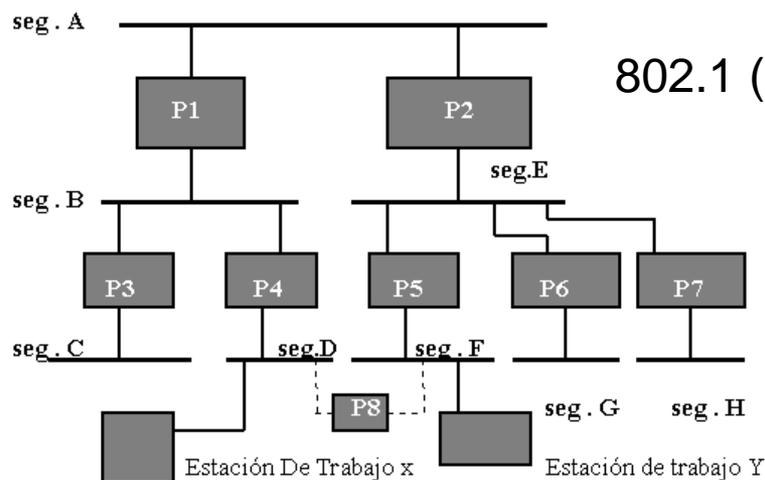


3 tramas de ida, 3+4 tramas de vuelta = **10 tramas**

CARACTERISTICAS	FUENTE	TRANSPARENTE
Rutas de respaldo	SÍ (dinámicas)	SÍ (manuales)
Rutas paralelas	SÍ	NO
Equilibrio de cargas	SÍ	NO
Simplicidad de lógica de puentes	+	-
Participación de las estaciones	SÍ	NO
Carga de la red	+	++
Tiempo de retardo en puentes	+	++

Puentes encaminamiento fuente: SRT (Single Routing Transparent)

- Basados en puentes transparentes, con posibilidad de encaminamiento fuente
- Un puente SRT forma un árbol de expansión con todos los puentes restantes
- Si puede utilizar el árbol, funcionará como un puente transparente
- Si una trama lleva información de ruta, el puente actúa como si fuera de encaminamiento fuente, incluso si estuviera bloqueado desde el punto de vista del árbol de expansión.



Spanning tree vs. Source Routing

- Ventajas

- Transparente
- Fácil de instalar
- Libre de mantenimiento
- Cierta tolerancia a fallos

- Desventajas

- Solo utiliza un subconjunto de la topología original → pérdida de ancho de banda
- Topología de interconexión activa = Arbol
- Solo el FAT-TREE es una topología equilibrada

- Ventajas

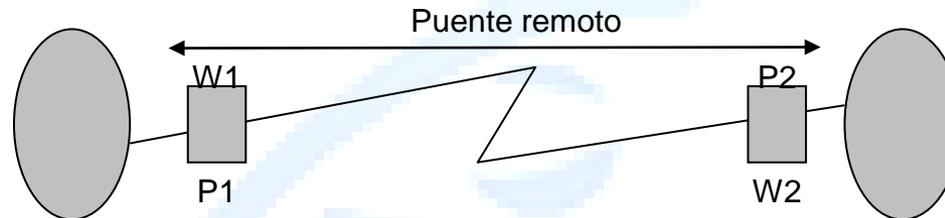
- Utiliza todas las rutas (todo el BW) de la LAN extendida
- Teóricamente utiliza la ruta óptima
- Soporta “tiempo real”???

- Desventajas

- Inundación de tramas de TEST → Sobrecarga
- La ruta óptima no es estática
- Las estaciones deben participar en el protocolo → No es transparente
- Puede ser preferible un router

WIFI → DSR (Dynamic Source Routing) = Descubrimiento y mantenimiento

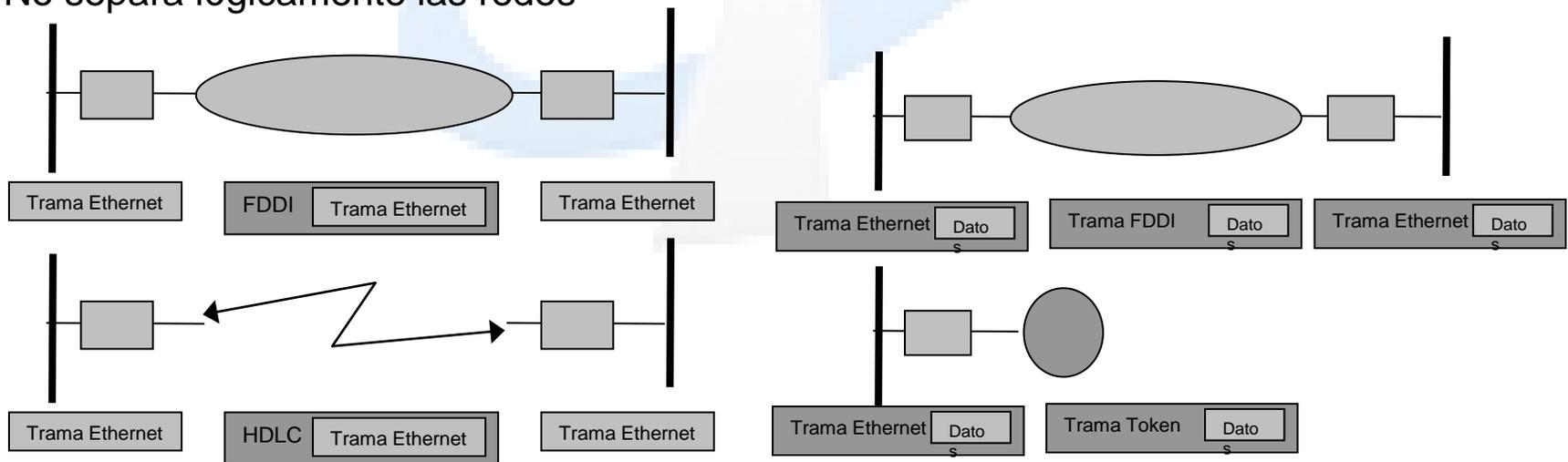
Puentes Remotos



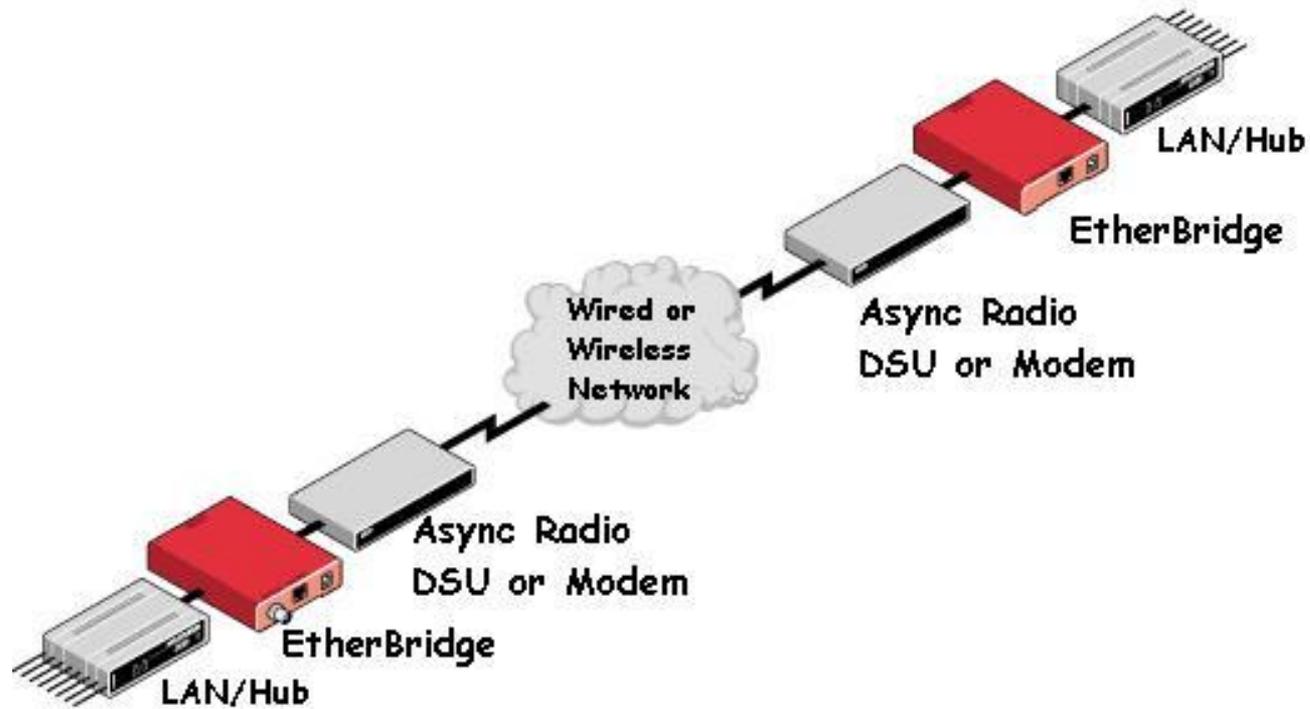
- Remote Bridge ó Split Bridge
- Interconectan segmentos LAN mediante enlaces de telecomunicación
- La trama es copiada del adaptador LAN al adaptador de comunicaciones, añadiendo información de ruta
- En el otro extremo se copia al adaptador LAN y es transmitida al segmento
- Existen dos tipos:
 - * **Por encapsulación**
 - * **Por traducción**

Puentes por encapsulación y Puentes por Traducción

- Son remotos
- Conectan medios idénticos
- Encapsulan un protocolo en el otro
- No hay alteración de la trama entre la fuente y el destino
- No existe una encapsulación estándar
- Realiza un uso ineficiente del ancho de banda
- Provoca tormentas de difusión (broadcast)
- No separa lógicamente las redes
- Pueden ser locales o remotos
- Traducen de un medio a otro
- Son dependientes del protocolo
- Entienden a la vez el tipo de medio y protocolo



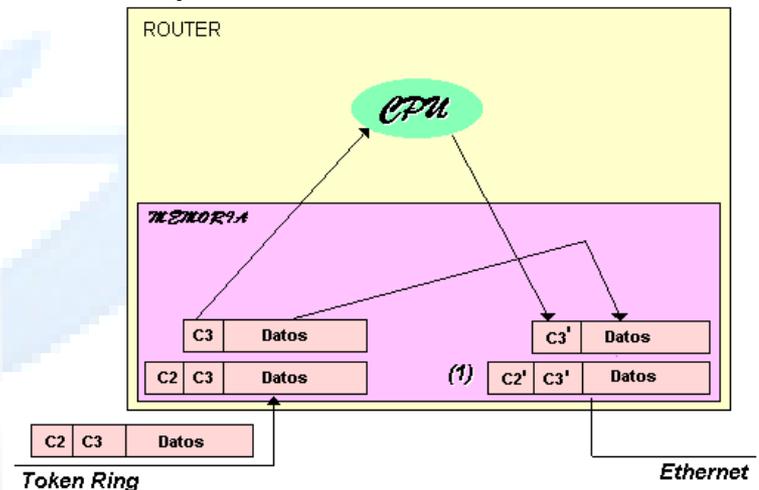
Interconexión de Redes



Protocolos para Interconexión de Redes

Interconexión a nivel de Red

“...los equipos implicados se encuentran situados en dominios o “subredes” que aunque comparten niveles superiores, difieren en mayor o menor medida en los tres niveles básicos del modelo de referencia correspondiente.”



1. Después de copiar en memoria la trama de nivel 2, corta y tira su cabecera.
2. Del campo de datos saca la trama de nivel 3 y analiza su cabecera (C3) en la CPU.
3. En base a C3:
 - * Encaminará.
 - * Generará C3' y en definitiva otra PDU de nivel 3 (con los mismos datos que tenía la de C3).
 - * Generará tramas de nivel 2 con C2'

Interconexión a nivel de Red: Routers

- Los datos se envían a los encaminadores y no a través de los encaminadores
- Solamente analizan la información a ellos dirigida.
- Basan su decisión en la dirección de nivel de red.
- Mantienen una tabla de rutas por cada protocolo que soportan.

Consecuencia:

- Minimizan los mensajes de difusión a nivel de enlace
- Permiten utilizar la misma dirección de enlace en diferentes segmentos o redes

Protocolos enrutables: transportan información de ruta.

Ejm: TCP/IP, APPN, DecNet, IPX, XNS y OSI

Protocolos no enrutables: No transportan información de ruta.

Ejm: DEC, LAT, NetBios y SNA jerárquico

- **Repetidor**
 - Mantiene un **único dominio de colisión**
- **Puente**
 - Establece **varios dominios de colisión** independientes (mejor rendimiento que un repetidor) pero mantienen un **único dominio de difusión**
- **Router**
 - Mantiene **dominios de difusión separados** (uno por cada red interconectada)

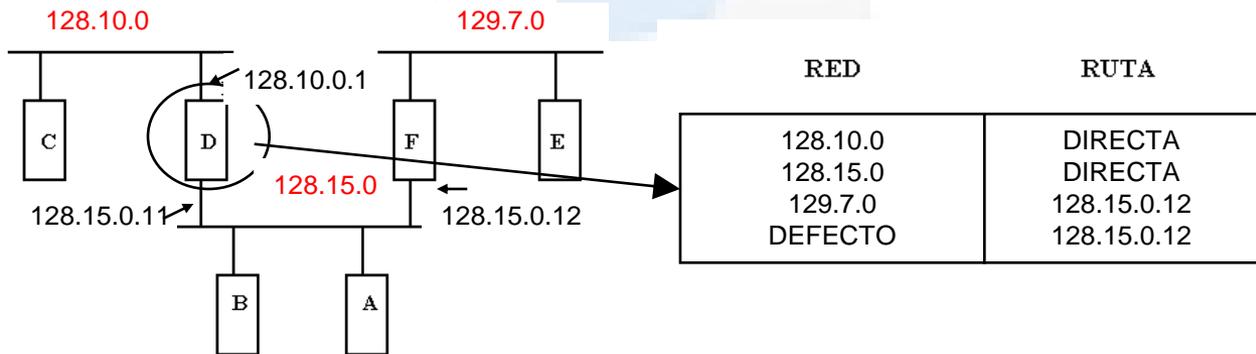
Routers: Modo de operación

Tablas de encaminamiento

- Dirección de la red destino**
- Dirección del siguiente encaminador** para alcanzar la red destino
- Interfaz** o puerto por donde debe dirigirse la información
- Métrica** (tiempo de tránsito o nº de encaminadores hasta destino)

Tipos de rutas

- Directas:** red destino conectada al router
- Indirectas:** red destino mediante otros routers
- Por defecto:** a seguir si no está en tabla

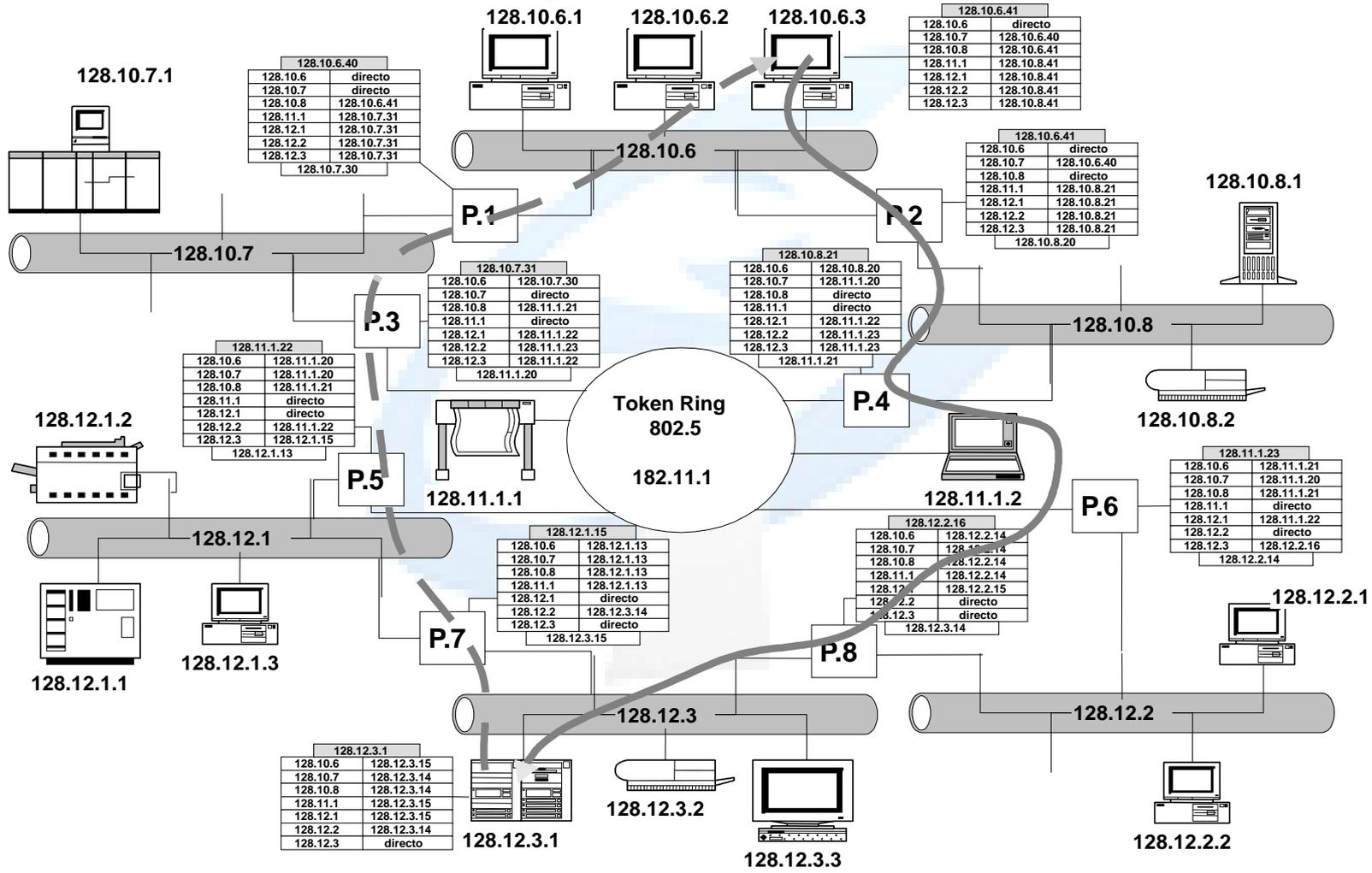


Tablas Estáticas
○
Tablas dinámicas
(por topología o por distancias)

Routers: Algoritmo de encaminamiento

EXTRAER la dirección Destino D;
BUSCAR en la tabla del encaminador la dirección destino
Si la dirección D está en ruta directa
 ENTONCES
 enviar trama al destino por la red mediante dirección
MAC
EN CASO CONTRARIO SI D está en ruta indirecta
ENTONCES
 encaminar el datagrama a la dirección indica
EN CASO CONTRARIO SI el puente tiene ruta por defecto
 ENTONCES
 encaminar el datagrama a la ruta por defecto
EN CASO CONTRARIO
 Descartar datagrama y enviar mensaje de error
FIN SI

Routing vs. Forwarding



Algoritmos de routing

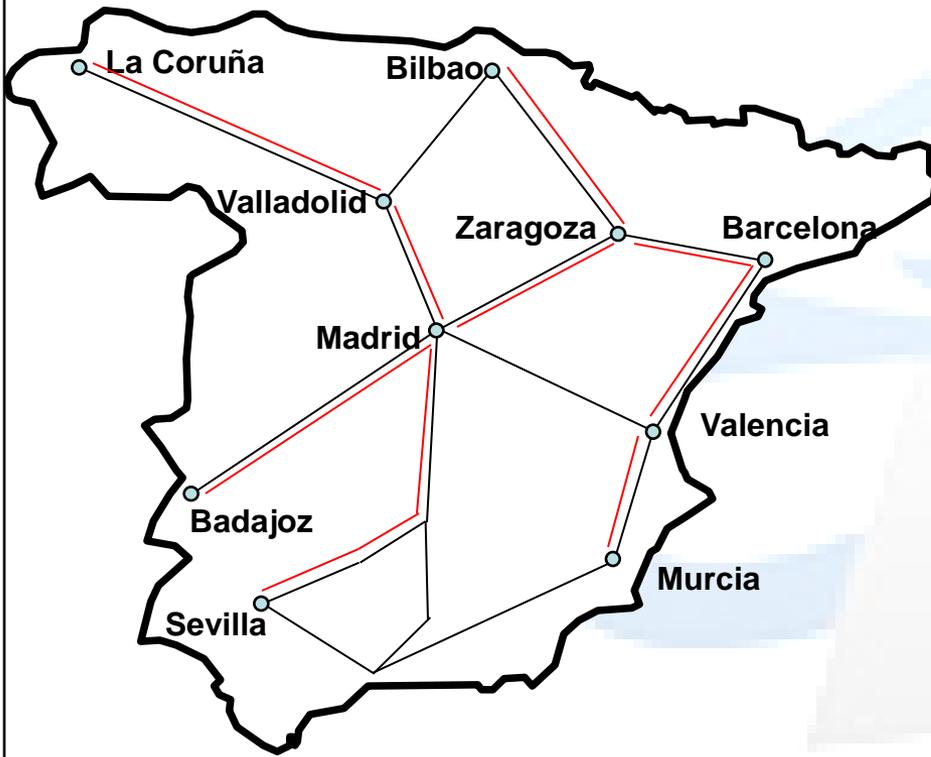
- Los algoritmos de routing pueden ser:
 - Estáticos: toman decisiones en base a información recopilada con anterioridad. La ruta no cambia.
 - Dinámicos: deciden en base a información obtenida en tiempo real. Requieren un protocolo de routing para recoger la información. La ruta puede cambiar constantemente.
- Salvo en redes muy simples o en zonas periféricas casi siempre se utiliza routing dinámico.

Principio de optimalidad

Si Valencia está en la ruta óptima de Murcia a Barcelona, entonces el camino óptimo de Valencia a Barcelona está incluido en la ruta óptima de Murcia a Barcelona

Corolario: Todas las rutas óptimas para llegar a Barcelona desde cualquier sitio forman un árbol sin bucles (spanning tree) con raíz en Barcelona.

Principio de optimalidad



La red de autopistas españolas



Rutas óptimas hacia Barcelona

Concepto de ruta óptima en viajes por carretera

- Para elegir la ruta óptima se pueden aplicar diversos criterios, por ejemplo:
 - La que minimice la distancia
 - La que minimice el tiempo
 - La que minimice el consumo de gasolina
 - La que minimice el coste (p. ej. evitar peajes)
 - La que minimice el cansancio (preferible autopistas, pocas curvas, cambios de carretera, etc.)
 - Una determinada combinación de todos los anteriores con diversos pesos según los gustos del usuario
- La ruta óptima puede variar en función del criterio elegido. Ver por ejemplo www.michelin.com

Concepto de ruta óptima en telemática

- Los criterios que se aplican suelen ser:
 - Minimizar el número de routers (saltos) por lo que se pasa
 - Maximizar el caudal (ancho de banda) de los enlaces por los que se pasa
 - Minimizar el nivel de ocupación o saturación de los enlaces que se atraviesan
 - Minimizar el retardo de los enlaces
 - Maximizar la fiabilidad de los enlaces (minimizar la tasa de errores)
 - Una determinada combinación de todos los anteriores con diversos pesos según los gustos del usuario

Routers: Internet Gateways

CORE GATEWAYS: Encaminadores principales

Los principales protocolos son:

GGP (*Gateway -Gateway Protocol*), para comunicar dos CG

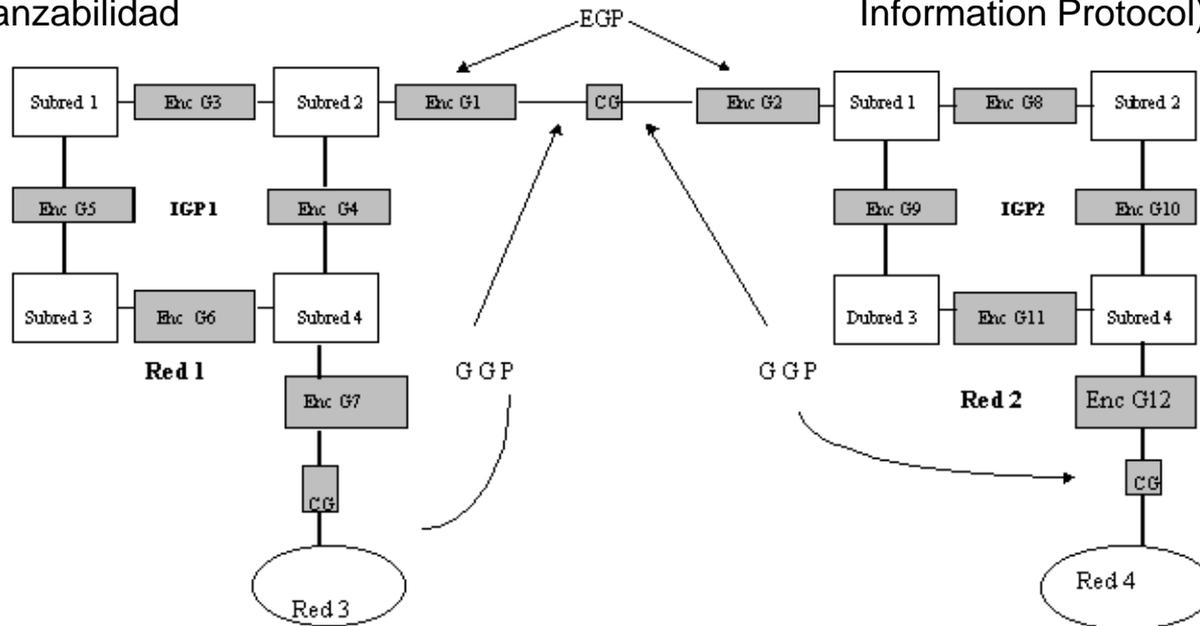
EGP (*Exterior Gateway Protocol*), para comunicar encaminadores exteriores de sistemas autónomos e intercambia información de alcanzabilidad

NON-CORE GATEWAYS: Encaminadores internos

Los principales protocolos son:

EGP, con un CG

IGP (*Interior Gateway Protocol*), para enlazar con otro encaminador interno. Por ejemplo, RIP (*Routing Information Protocol*).



Protocolos para Interconexión de Redes

Routers: Core Gateways

- Controlados por IAB (Internet Activities Board)
- Proveen rutas consistentes para todos los posibles destinos
- Comunicación interna para garantizar la consistencia de información
- Conectan sistemas autónomos (*conjuntos de redes y routers bajo una admon.*)
- Encaminamiento automático basado en direcciones fijas universales
- Arquitectura de encaminamiento interno libre
- Comunicación con puentes exteriores
- Permite la conexión de nuevos Cores: “Principio de Vecindad”

Routers: Protocolos GGP

- Utiliza los servicios de datagramas con cabeceras de formato fijo

Algoritmo vector-distancia

(Dir de Red, Distancia en saltos)

- Distancias bajas no implican mejores rutas
Ejm: 4 Eth es mejor que 3 Series
- Fácil de implementar
- En entornos estáticos propagan rutas a todos los destinos
- En entornos variantes la información de ruta se propaga muy lentamente
- El volumen de información es muy elevado

Algoritmo SPF(Shorter Path First)

- Información de la topología de red
- Los routers son los nodos del grafo
- Las redes son los arcos del grafo
- El router activa un test a todos sus vecinos
- Periódicamente propaga info. de estado de sus enlaces (mensaje de difusión)
- No se especifica rutas, solo la posibilidad de comunicar pares de routers
- La evaluación de ruta es indep. de máquinas intermedias
- Los cambios activan un Dijkstra al grafo
- La depuración de problemas es sencilla
- El tamaño del mensaje es indep. al número de redes conectadas

Routers: Protocolos EGP (BGP)

“...dos encaminadores se denominan vecinos exteriores si pertenecen a dos sistemas autónomos diferentes y vecinos interiores si pertenecen al mismo sistema autónomo. Los protocolos de intercambio de información entre vecinos exteriores se denominan External Gateway Protocols (EGP)”

- Soporta un procedimiento de “adquisición de vecino “ que permite a un encaminador pedir a que participe con él en el intercambio de información de ruta. El concepto de “vecino”, por consiguiente, no entraña proximidad geográfica.
- Un encaminador está continuamente verificando si los EGP vecinos responden.
- Los EGP vecinos periódicamente intercambian información de red mediante el paso de mensajes de actualización de ruta.

EGP permite dos formas de comprobar si una estación vecina está a la escucha. En modo activo, el encaminador comprueba al vecino periódicamente alternando mensajes *Hello* con mensajes de *poll* y esperando respuesta. En modo pasivo, un encaminador depende de que su vecino le envíe periódicamente mensajes *hello* o *poll*. Normalmente los encaminadores están en modo activo

Routers: Internal Gateways

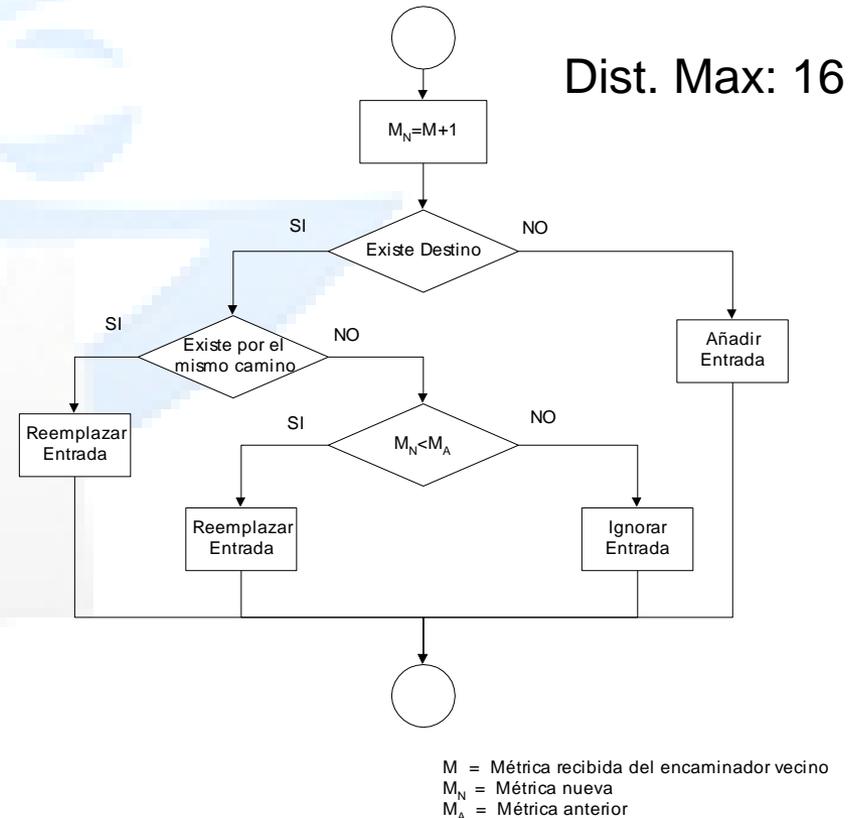
- Son internos a los sistemas autónomos
- No tienen por que seguir normas estándar, salvo los conectados a Cores
- Protocolos EGP : vistos anteriormente
- Protocolos IGP : vistos anteriormente:
 - Actualizan la info de ruta
 - Se comunican los IG entre si
 - Una vez consolidadas, se comunica al exterior mediante EGP
 - Ejemplos: RIP, HELLO y OSPF

Routers: Protocolos RIP (Router Information Protocol)

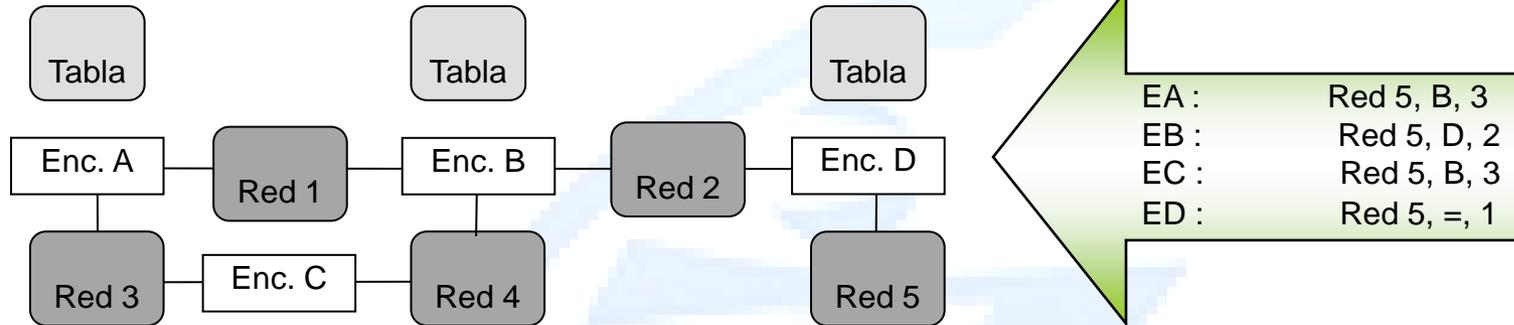
- Desarrollados por la Universidad de Berkeley y Xerox

- Basados en vector-distancia
- Encaminadores activos: informan de rutas a otros (encaminadores)
- Encaminadores pasivos: escuchan y actualizan sus tablas, pero no las modifican (host o nodos)
- Los encaminadores activos envían cada 30 seg. Un mensaje de difusión con direcciones IP y distancias (nodo conectado directamente $dist=1$)
- Mecanismos de penalización de distancia
- Se mantiene una ruta hasta que se descubre una de menor coste

$T_{max} = 180 \text{ seg.}$

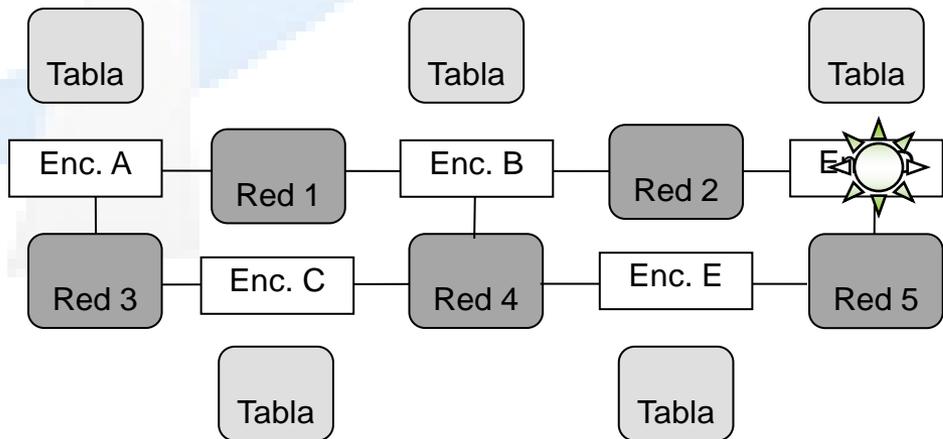


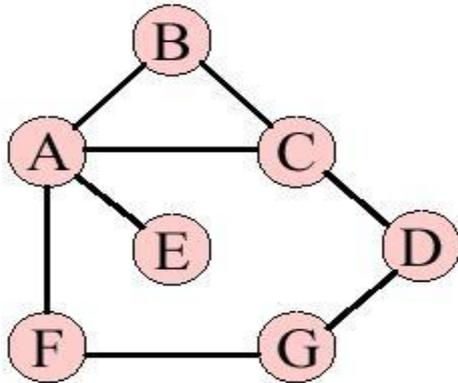
Routers: Protocolos RIP (Ejemplo)



Transitorio = $15 \cdot 30 + 180 = 630$ seg.

EA :	Red 5, B, 3
EB :	Red 5, E, 2
EC :	Red 5, E, 2
ED :	En avería
EE :	Red 5, =, 1





El vector es enviado a todos los “vecinos”

		destino						
		A	B	C	D	E	F	G
o r i g e n	A	0	1	1	∞	1	1	∞
	B	1	0	1	∞	∞	∞	∞
	C	1	1	0	1	∞	∞	∞
	D	∞	∞	1	0	∞	∞	1
	E	1	∞	∞	∞	0	∞	∞
	F	1	∞	∞	∞	∞	0	1
	G	∞	∞	∞	1	∞	1	0

Tabla de encaminamiento inicial del router A

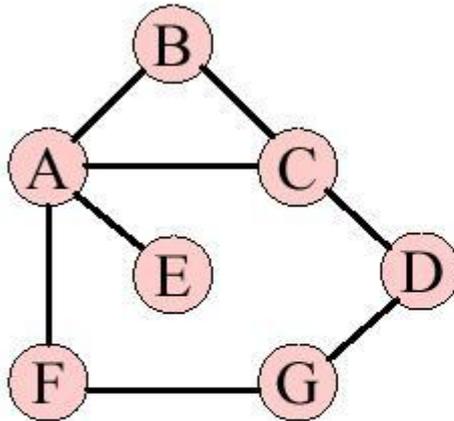
		destino						
		A	B	C	D	E	F	G
A	0	1	1	∞	1	1	∞	
by	-	B	C	-	E	F	-	

Cada router mantiene un vector con los costes a todos los demás routers de la red

VECTOR

Interconexión de Redes

El algoritmo converge rápidamente siempre y cuando todo sean “*buenas noticias*”



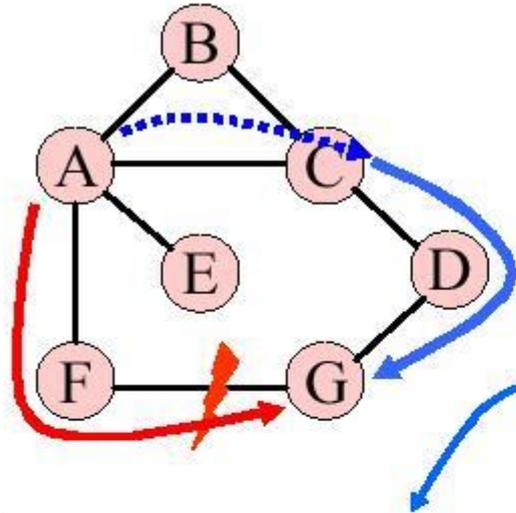
		Router - A						
		destino						
		A	B	C	D	E	F	G
cost		0	1	1	∞	1	1	∞
by		-	B	C	-	E	F	-
B		1	0	1	∞	∞	∞	∞
C		1	1	0	1	∞	∞	∞
D								
E		1	∞	∞	∞	0	∞	∞
F		1	∞	∞	∞	∞	0	1
G								
cost		0	1	1	2	1	1	2
by		-	B	C	C	E	F	F

Los intercambios pueden ser:

- Periódicos: con intervalos de segundos a minutos
- Automáticos (Triggered update): como reacción a un cambio

Protocolos para Interconexión de Redes

Interconexión de Redes



El algoritmo va a evolucionar de forma distinta en función de las “malas noticias”:

Router - A	
destino	
	A B C D E F G
\$	
b y	F

Router - C	
destino	
	A B C D E F G
\$	
b y	D

Router - A	
destino	
	A B C D E F G
\$	
b y	C

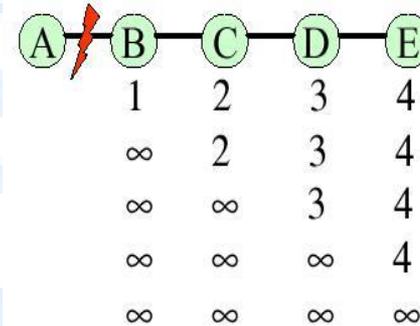
Router - F	
destino	
	A B C D E F G
\$	∞
b y	-

Protocolos para Interconexión de Redes

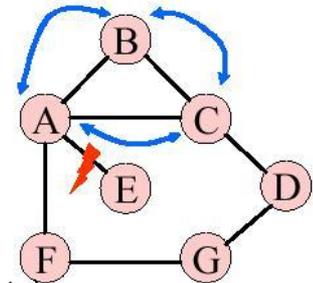
Soluciones

1º Hacer $\infty = \text{max. hops} \approx 16$

2º Split Horizont (poison reverse)



Si C sabe que para alcanzar a A lo hace por B \rightarrow No manda a B esa info. (o manda $[A, \infty]$)



3º Hold Down (triggered update)

Cuando la mejor ruta empeora...mantenemos un tiempo suficiente la mala noticia aunque un vecino nos de alternativa mejor.

4º Sink Tree

Si la ruta óptima de X a Y pasa por N, diremos que N está upstream de Y y downstream de X

“Buenas noticias”

A	B	C	D	E	
•	•	•	•	•	
	∞	∞	∞	∞	Inicialmente
	1	∞	∞	∞	Tras 1 intercambio
	1	2	∞	∞	Tras 2 intercambios
	1	2	3	∞	Tras 3 intercambios
	1	2	3	4	Tras 4 intercambios

“Malas noticias”

A	B	C	D	E	
•	•	•	•	•	
	1	2	3	4	Inicialmente
	3	2	3	4	Tras 1 intercambio
	3	4	3	4	Tras 2 intercambios
	5	4	5	4	Tras 3 intercambios
	5	6	5	6	Tras 4 intercambios
	7	6	7	6	Tras 5 intercambios
	7	8	7	8	Tras 6 intercambios
	∞	∞	∞	∞	

Problema de la “cuenta infinita”

Routers: Protocolos HELLO y OSPF

Protocolo HELLO

- Métrica de retardo, similar a vector-distancia
- Reloj de sincronismo
- Cálculo de retardo individual
- Similar al RIP
- Solo se consideran variaciones de retardo elevadas

Protocolo OSPF (Open Shortest Path First)

- Basado en SPF
- Define tipos de rutas para un mismo destino
- La carga se distribuye entre rutas de igual coste
- Divide la red en Areas transparentes
- Los intercambios entre encaminadores tienen que ser autenticados (Proc. de seguridad)

Ejm: RIP + Hacker

OSPF : Link State

Link State = Cada nodo conoce quienes son sus vecinos y el coste (Mecanismo HELLO).

Protocolo Link State (LSP):

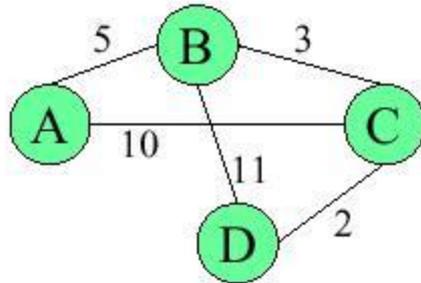
- 1) **Difundir** (FLOODING) la información (LS) a TODOS los nodos del *Routing Domain*.
- 2) Cada nodo **calcula** las rutas mínimas a partir de los LS recibidos.

Generación de mensajes LS

- 1) Cuando un nodo detecta un cambio en un vecino
- 2) Periódicamente periodo = horas
 considerando
 - a) Flooding --> overhead
 - b) Intercambio fiable de LS

Asumimos que un nodo ya tiene los LS de los demás nodos --> ya puede decidir la mejor ruta

Algoritmo del “Camino más corto” (Dijkstra)



Link State del nodo			
A	(B,5)	(C,10)	
B	(A,5)	(C,3)	(D,11)
C	(A,10)	(B,3)	(D,2)
D	(B,11)	(C,2)	

Step	Confirmed	Tentative	Comments
1	(D,0,-)		Since D is the only new member of the confirmed list, look at its LSP.
2	(D,0,-)	(B,11,B) (C,2,C)	D's LSP says we can reach B through B at cost 11, which is better than anything else on either list, so put it on Tentative list; same for C.
3	(D,0,-) (C,2,C)	(B,11,B)	Put lowest-cost member of Tentative (C) onto Confirmed list. Next, examine LSP of newly confirmed member (C).
4	(D,0,-) (C,2,C)	(B,5,C) (A,12,C)	Cost to reach B through C is 5, so replace (B,11,B). C's LSP tells us that we can reach A at cost 12.
5	(D,0,-) (C,2,C) (B,5,C)	(A,12,C)	Move lowest-cost member of Tentative (B) to Confirmed, then look at its LSP.
6	(D,0,-) (C,2,C) (B,5,C)	(A,10,C)	Since we can reach A at cost 5 through B, replace the Tentative entry.
7	(D,0,-) (C,2,C) (B,5,C) (A,10,C)		Move lowest-cost member of Tentative (A) to Confirmed, and we are all done.

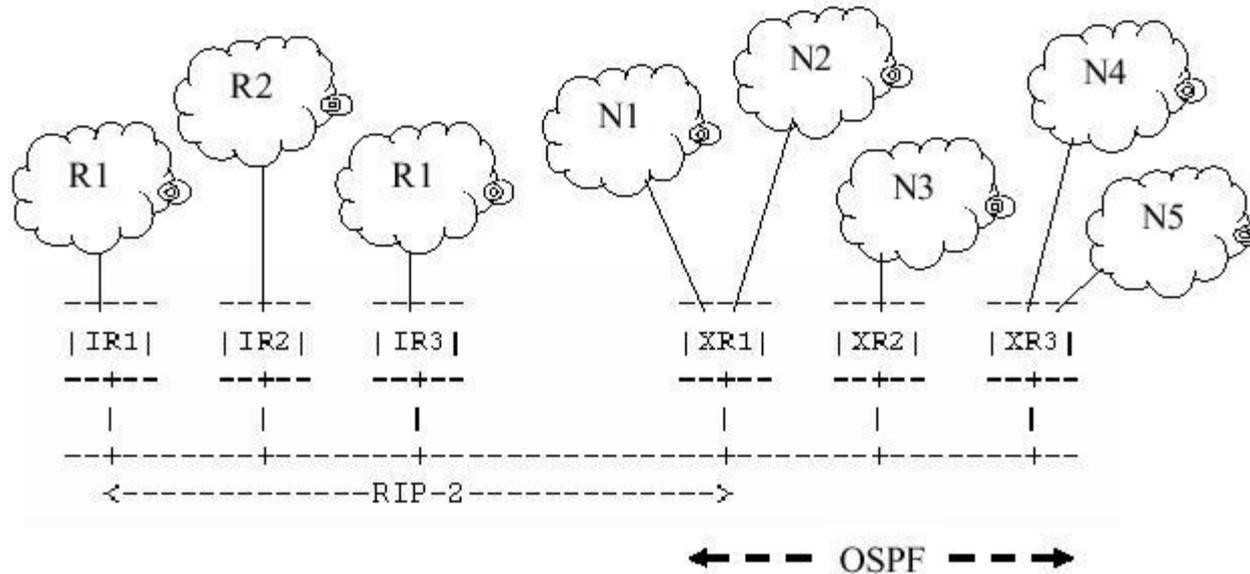
Table 4.9 Steps for building routing table for node D (Figure 4.18).

<http://ospf.cs.st-andrews.ac.uk>

OSPF vs. RIP

FUNCIÓN	OSPF	RIP	RIP v.2
Técnica RFC Carga de red Selección de ruta Equilibrio de cargas Métrica Seguridad Convergencia Complejidad de los encaminadores	Estado de enlaces 1245.1583 controlada tipo de servicio sí SPF Autenticación rápida mayor	Vector - distancia 1058 rápido crecimiento no no saltos no lenta menor	Vector -distancia 1387-88-89 rápido crecimiento no no saltos no lenta menor

Interworking OSPF – RIPv2



Si XR1 comunica, usando Next Hop, que
N3 --- NextHop (XR2)
N4 --- NextHop (XR3)
N5 --- NextHop (XR3) ... sólo XR1 necesita hablar RIPv2

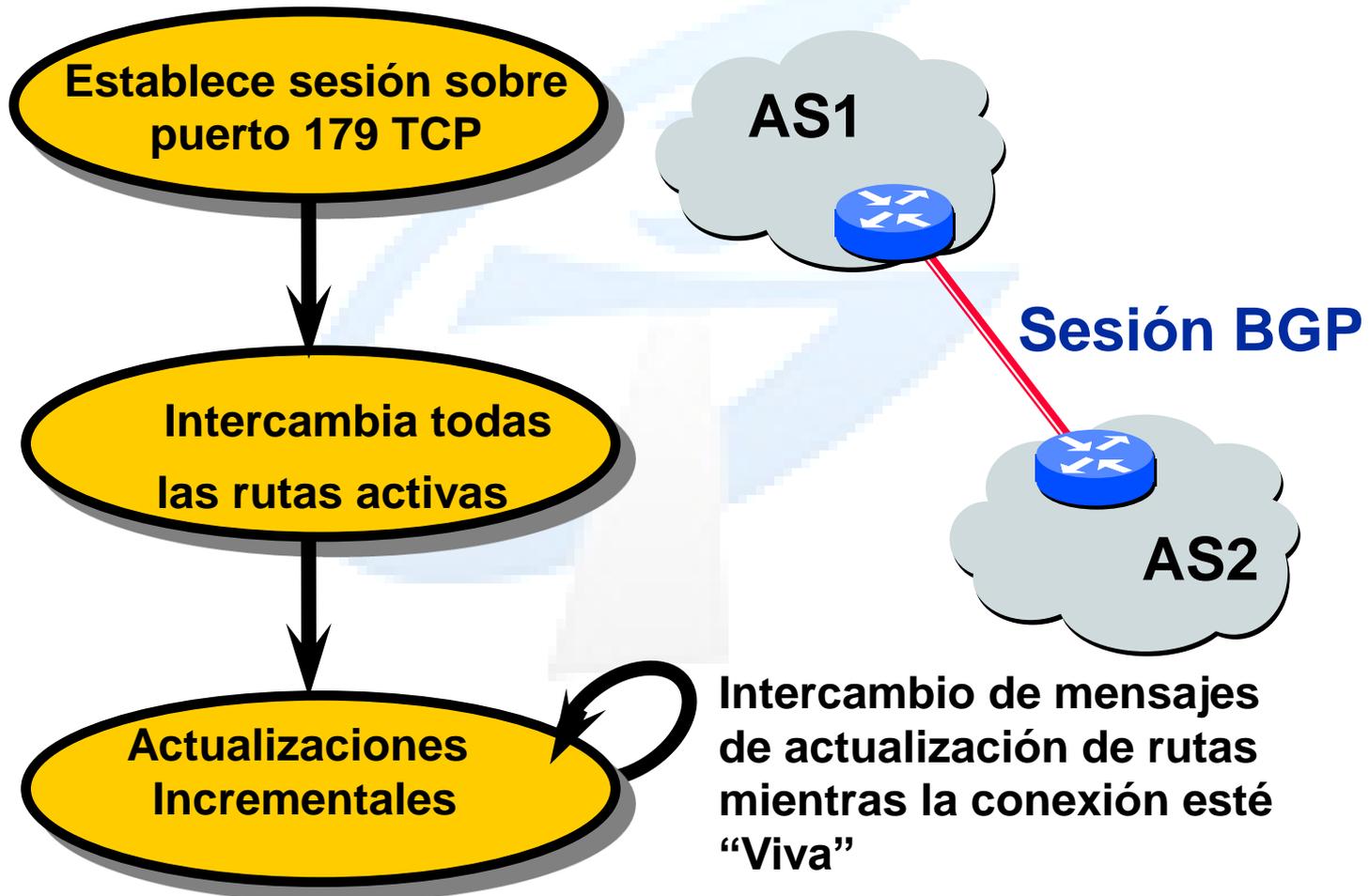
Protocolos de Encaminamiento Exterior

- Problemas:
 - **Topología:** Internet es una red compleja compuesta por diferentes ASs.
 - **Autonomía de los AS's:** Cada AS define los costes de sus enlaces de forma diferente, así que no es posible discernir los caminos de menor coste.
 - **Confianza:** Algunos AS pueden desconfiar de otros y no interesar dar sus mejores caminos (ej. Entre operadores de backbone en competencia).
 - **Políticas:** Los diferentes ASs tienen distintos objetivos o estrategias (ej. Encaminar sobre el camino de menor número de saltos; usar un proveedor en vez de otro).
 - **Protocolo: BGP**

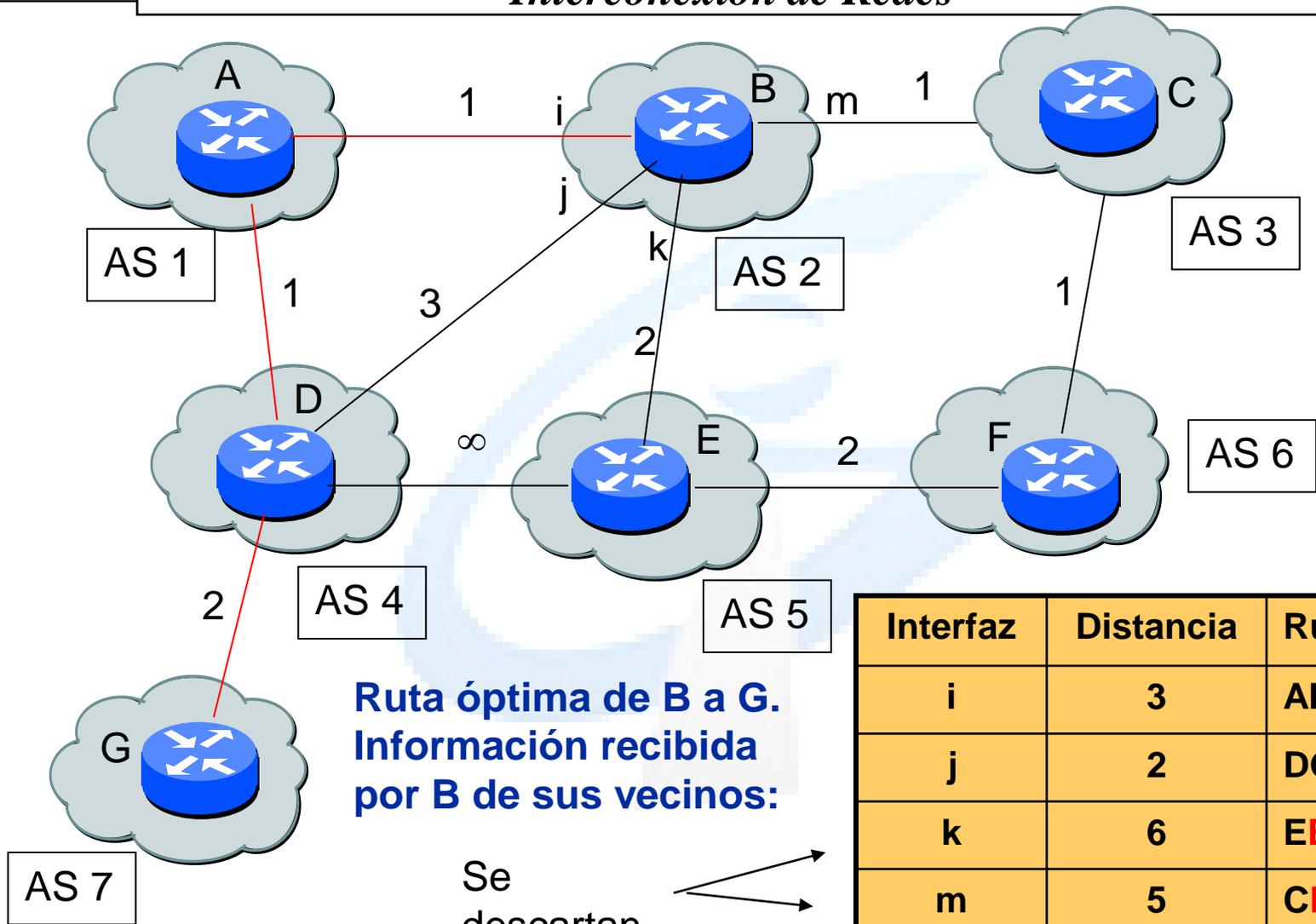
Border Gateway Protocol (BGP-4)

- BGP = **Border Gateway Protocol**
- Protocolo basado en políticas, permite introducir restricciones o reglas.
- Fin último es la accesibilidad y no encontrar caminos óptimos.
- Es actualmente el estándar EGP de facto en Internet.
- Protocolo simple pero de compleja configuración.
- BGP no se basa ni en estado del enlace ni en vector distancia.
- BGP anuncia caminos completos (una lista de AS's).
- Ejemplo de camino anunciado:
 - “La red 171.64/16 se llega vía el camino {AS1, AS5, AS13}”.
- El router descarta los caminos que pasan por él mismo, así evita el problema de la cuenta a infinito.
- Cuando un enlace/router falla, el camino se retira.

Operaciones BGP (Simplificado)



Interconexión de Redes



Ruta óptima de B a G.
 Información recibida
 por B de sus vecinos:

Interfaz	Distancia	Ruta
i	3	ADG
j	2	DG
k	6	EBADG
m	5	CBADG

Se descartan

Conjunto de routers BGP

Ruta óptima: BADG, distancia 4

Protocolos para Interconexión de Redes

Tabla Comparativa

	RIP	OSPF	BGP
Interior/Exterior	Interior	Interior	Exterior
Tipo de info.	Vector Distancia	Estado Enlace	Lista ASs
El router transmite hacia	Todos los host y routers en todas las subredes conectadas al router	Todos los router del area	Otro router Puede tener múltiples conexiones BGP
Frecuencia de transmisión	Toda la tabla cada 30 sec	Sólo actualizaciones	Sólo actualizaciones
Escalabilidad	Pobre	Muy buena	Muy buena
Convergencia	Lenta	Rápida	Compleja
Tranporte sobre	Datagrama UDP	Datagrama IP	Segmento TCP

Routers especiales

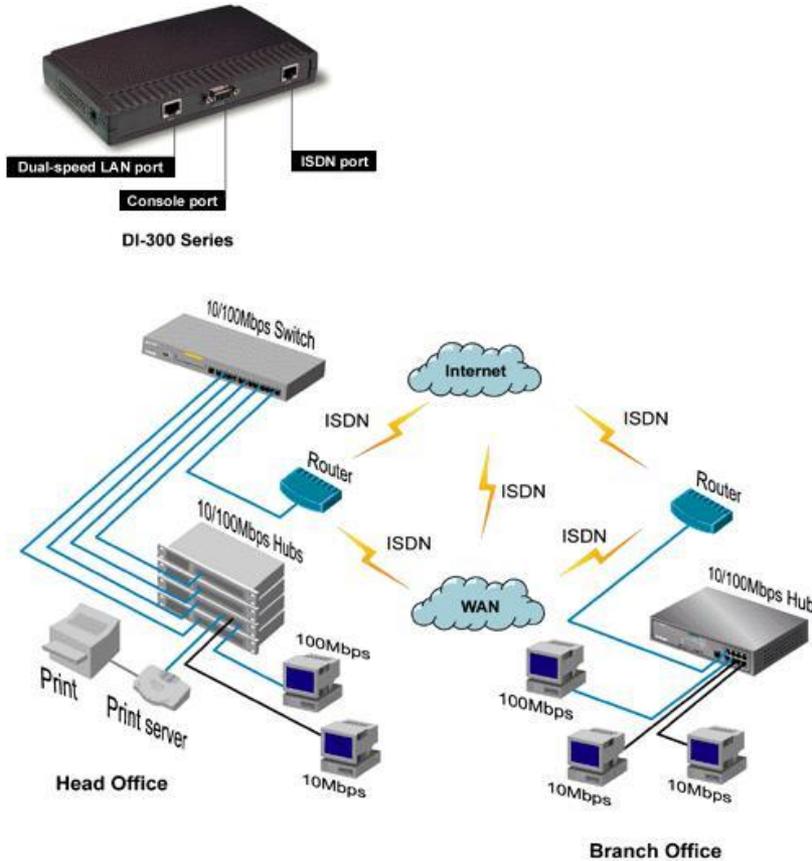
Brouter (*bridging router*)

- *Routers* multiprotocolo con facilidad de *bridge*: Funcionan como *router* para protocolos encaminables y, como *bridge* para los que no.
- Operan tanto en el Nivel de Enlace como en el Nivel de Red
- Soporta protocolos de encaminamiento además de **source routing** y **spanning tree bridging**.
- Apropiado para la interconexión de redes complejas y en situaciones mixtas **bridge/router**.

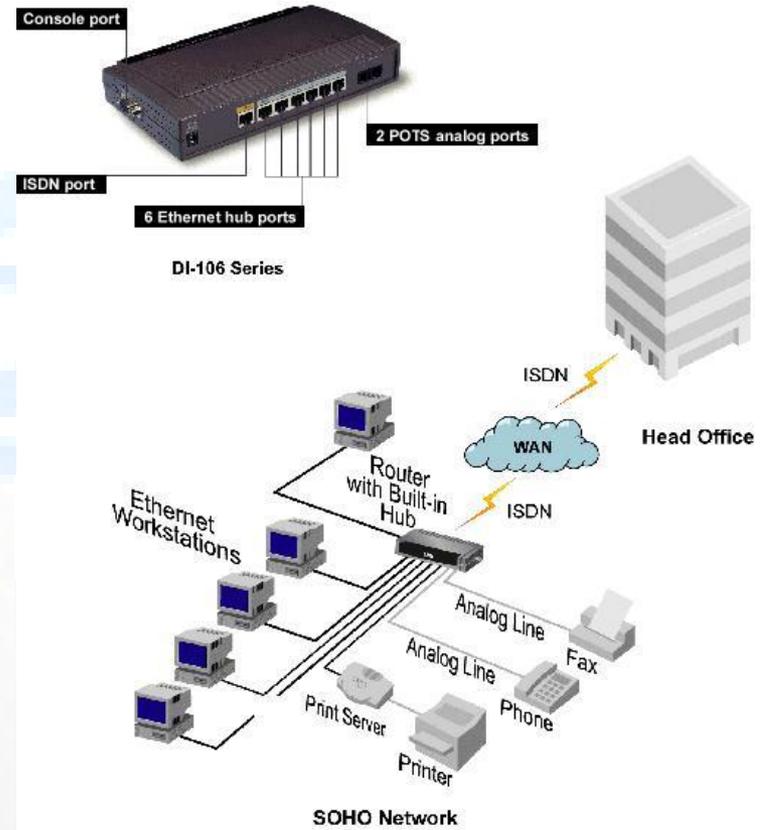
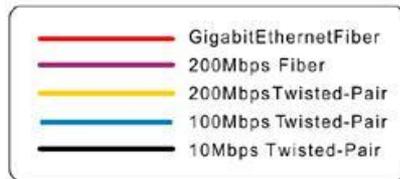
Trouter

- Combinación entre un *router* y servidor de terminales.
- Permite a pequeños grupos de trabajo la posibilidad de conectarse a RALs, WANs, modems, impresoras, y otros ordenadores sin tener que comprar un servidor de terminales y un *router*.
- El problema que presenta este dispositivo es que al integrar las funcionalidades de *router* y de servidor de terminales puede ocasionar una degradación en el tiempo de respuesta.

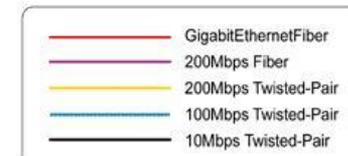
Interconexión de Redes



Remote Routers >>>
Connecting branch office network with head office

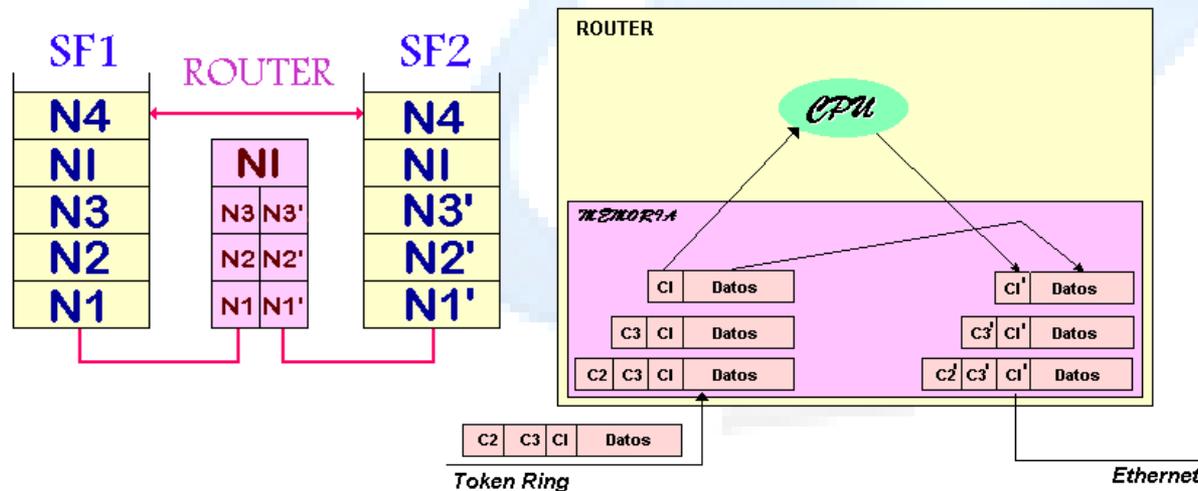


Remote Router with Built-in Hub >>>
Connecting home office or branch office to the outside world



Nivel de Interred

“Hay casos en los que no es posible la conversión directa de los diferentes niveles de Red, o no existe un método concreto para llevar a cabo la conversión. Como solución, se plantea la posibilidad de buscar una solución intermedia común a ambos extremos. Para ello, se añadirá un nuevo nivel (Nivel de Interred) que estará en todos los sistemas y que evitará la conversión de un protocolo a otro.”



- El paso de CI a CI' ya no es una conversión de protocolos, pues ahora estamos siempre en el mismo protocolo.
- Serán muy parecidas (a excepción de algunos contadores, como el del contador de saltos, etc.).
- C3' y C2' se generarán desde CI' (CI). C3 y C2 se tiran.

Mayor nº de niveles
implica
más cabeceras y datos de control

SNICP: protocolo indep de la subred, implementado
SNACP: depende de la subred (será el X.25, FDDI, etc.)
SNDCP: protocolo de convergencia (traduce uno a otro)

Protocolos para Interconexión de Redes

Interconexión de Sistemas Heterogéneos: Conmutadores

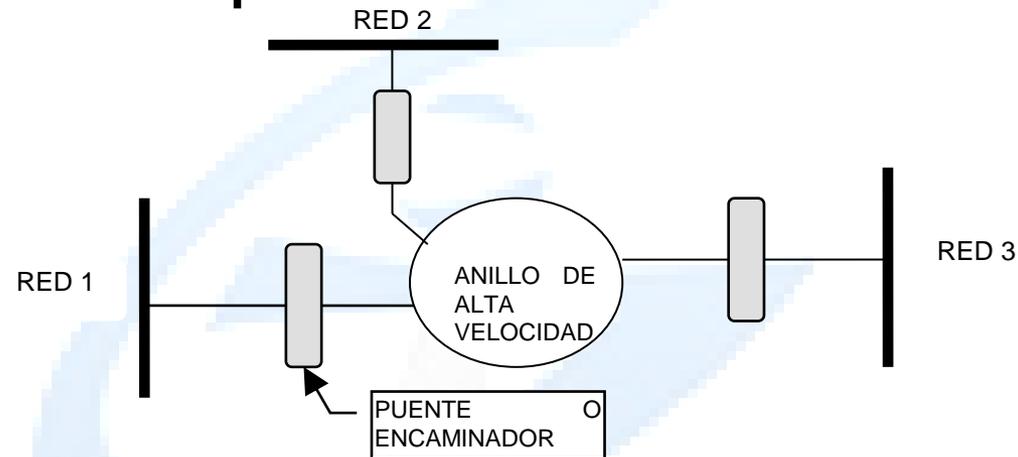
El conmutador es un elemento que proporciona la apariencia funcional de un puente multipuerto de alto rendimiento, pudiendo realizar funciones adicionales, tales como filtrado. La conmutación puede ser:

- Conmutación de tramas
- Conmutación de células, basada en ATM

Los conmutadores de tramas utilizan dos tipos de técnicas:

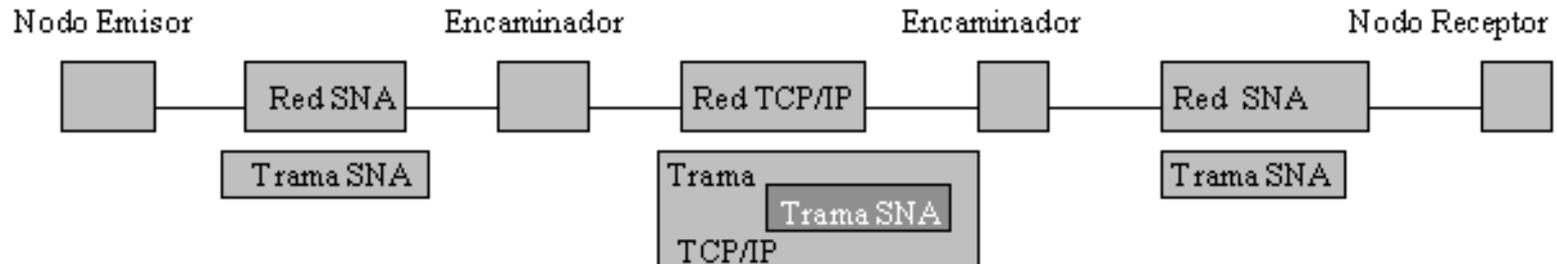
- Almacenamiento y envío
- Conmutación rápida, también conocida como cut-through y on the fly

Interconexión de Sistemas Heterogéneos: Collapsed Backbone



- Plano posterior de muy altos rendimientos (Gigabps)
- Menor coste al haber un solo dispositivo de conexión
- Gestión centralizada
- Los segmentos o subredes pueden conectarse mediante fibra óptica, lo que permite una cobertura muy elevada

Interconexión de Sistemas Heterogéneos: Encapsulación



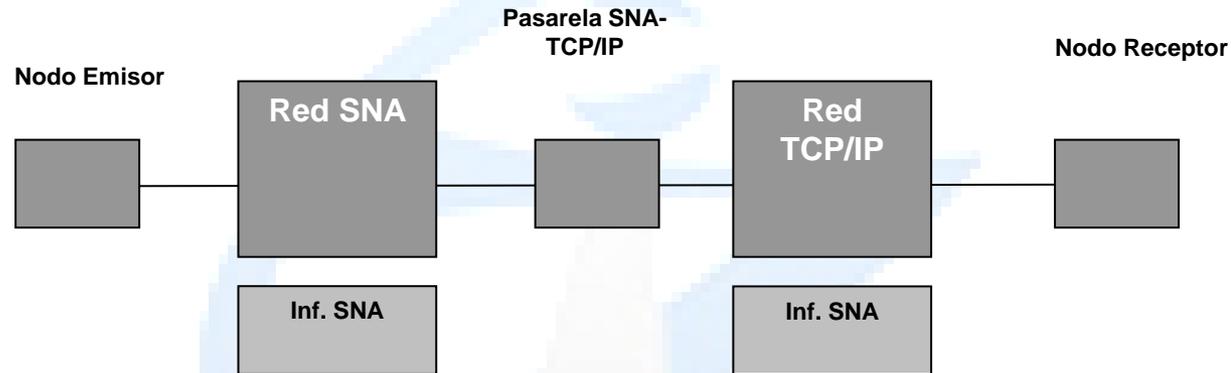
Este mecanismo es similar al empleado por los puentes por encapsulación, si bien encapsula protocolos de nivel superior

Encaminadores multiprotocolo / BRouters

Este tipo de encaminadores hace más simple la transmisión de información de distintos protocolos por una red. aportan unas prestaciones similares a las de la capsulación de unos protocolos dentro de otros, pero liberando a la red de información redundante.

Los **brouters** son encaminadores multiprotocolo que además tienen la facilidad de que, si se encuentran con un protocolo para el que no están diseñados, por ejemplo un protocolo no enrutable, actúan como puentes. Pueden a su vez ser configurado para que actúen únicamente como puentes.

Interconexión de Sistemas Heterogéneos: Pasarelas



Este método consiste en la traducción de la información de una arquitectura a otra. La traducción contempla todos los niveles de cada arquitectura.