

Tema 3

Conmutación en Redes de Área Local

Sistemas de Conmutación

Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación
3er Curso



Pablo Ameigeiras Gutiérrez, Pablo Muñoz Luengo

Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones
E.T.S. Ingenierías Informática y Telecomunicación – Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo Aranda, s/n - 18071 – Granada (Spain)

Teléfono: +34-958 242306 - Fax: +34-958 243032 - Email: pameigeiras@ugr.es



Objetivos

Objetivos

Los objetivos del presente tema son los siguientes:

1. Conocer las distintas tecnologías **LAN Ethernet**
2. Conocer **fundamentos básicos** en Redes de Área Local Ethernet (formato de la trama, dominios de colisión y difusión, máxima distancia de la red)
3. Conocer el papel de los **Conmutadores y Puentes principales** en Redes de Área Local Ethernet
4. Conocer la división de las Redes de Área Local Ethernet **en Redes de Área Local Virtuales**
5. Conocer el protocolo **Spanning Tree Protocol** que permite evitar bucles en Redes de Área Local Ethernet



Índice de Contenidos

1. Introducción
2. Tecnologías LAN Ethernet
3. Fundamentos básicos en Redes de Área Local Ethernet
4. Elementos de Interconexión en Redes de Área Local Ethernet
 1. Repetidores y Concentradores
 2. Puentes y Conmutadores
 3. Encaminadores (Routers)
5. Virtual LAN
6. Spanning Tree Protocol



Bibliografía

-  **K. Clark & K. Hamilton:** *Cisco LAN Switching*, Cisco Press, 2001
-  **R. Seifert & J. Edwards:** *The All-New Switch Book*, Wiley Publishing, 2008



1 Introducción

Redes de Área Local

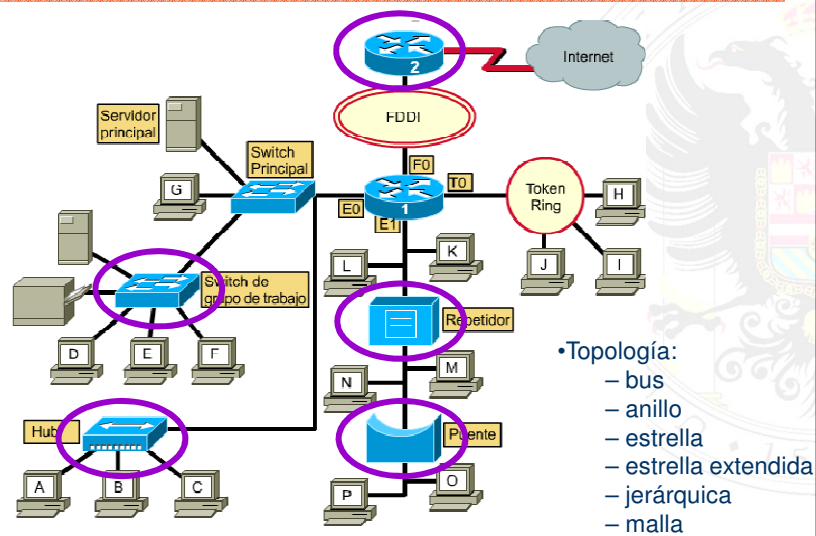
- *"Es un sistema de comunicación de datos que permite que un número de dispositivos independientes se comuniquen directamente entre sí dentro de un área geográfica de tamaño moderado y utilizando un canal de comunicación físico con una velocidad de datos moderada"*
- Las RAL tradicionalmente han estado basadas en el uso de tecnología de difusión, pero en los últimos años se han basado en tecnología de conmutación.
- Son redes privadas
 - Una red privada es aquella que es propiedad de una entidad concreta (una persona, una empresa, una institución, etc..) cuyos miembros son los únicos beneficiarios del uso de dicha red
 - Una red pública es que es propiedad de una entidad concreta que cobra a terceras personas por el uso de su infraestructura (enlaces, nodos)



1 Introducción

- Aplicaciones de una Red de Área Local
 - Comunicación
 - Compartición de recursos (impresoras, servidores, bases de datos, scanners, etc.)
 - Cluster de computadores
- Diferentes especificaciones IEEE para las distintas tecnologías:
 - 802.1 Descripción de la Arquitectura IEEE LAN (Local Area Network)
 - 802.2 LLC (Control de Enlace Lógico)
 - 802.3 LAN Ethernet
 - 802.4 LAN en bus con paso de testigo (Token Bus)
 - 802.5 LAN en anillo con paso de testigo (Token Ring)
 - 802.11 LAN inalámbricas

1 Introducción



2 Tecnologías LAN Ethernet

Redes de Área Local Ethernet

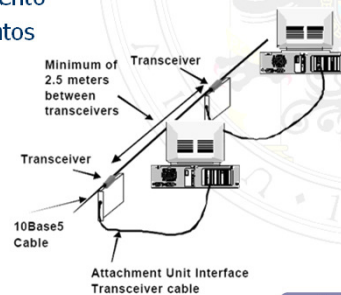
- Origen de LAN Ethernet (1972) → Xerox diseña técnica de acceso al medio compartido para implementar una LAN a 1.94Mbps interconectando 100 terminales
- DIX (DEC-Intel-Xerox, 1980) → describe el primer estándar de red Ethernet a 10 Mbps y topología en bus (10BASE5) popularizando la tecnología Ethernet en todo el mundo.
- Evolución de la tecnología Ethernet → diferentes estándares (velocidad de transmisión, medio de transmisión, máxima distancia, etc).
- Nombre de los estándares de Ethernet → identifican el tipo de transmisión y cable usado
 - Ej: 10BASE5: Transmisión a 10Mbps en banda base con máxima distancia 500m



2 Tecnología LAN Ethernet 10Base5

■ Sistema 10Base5 (Ethernet original):

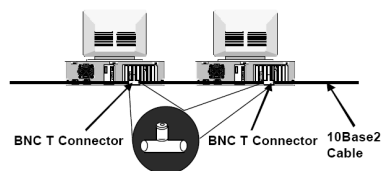
- Velocidad de transmisión: 10Mbps en banda base
- Tipo de Cable: coaxial grueso (topología en bus)
- Las estaciones usan un transceptor que se conecta al coaxial. Del transceptor parte un cable de pares a la tarjeta de red del ordenador
- Máximo 100 estaciones por segmento
- Posibilidad de usar varios segmentos con repetidores
- Semidúplex



2 Tecnología LAN Ethernet 10Base2

■ Sistema 10Base2 :

- Velocidad de transmisión: 10Mbps en banda base
- Tipo de Cable: coaxial fino (topología en bus)
- Transceptor interno o externo a la tarjeta de red
- Máximo 32 estaciones
- Posibilidad de usar varios segmentos con repetidores
- Semidúplex

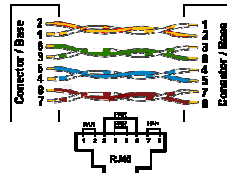
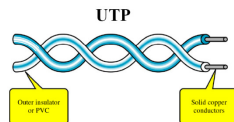




2 Tecnología LAN Ethernet 10BaseT

■ Sistema 10BaseT :

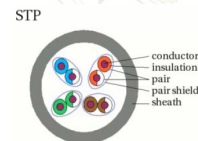
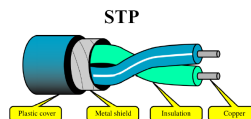
- Velocidad de transmisión: 10Mbps en banda base (publicado en 1990)
- Tipo de Cable: par trenzado sin apantallamiento (UTP) con conector RJ-45 (máxima distancia 100m)
- Topología en estrella $\Rightarrow$ cada equipo se conecta a un concentrador
- Máximo teórico 1024 estaciones (muchas menos en la práctica)
- Inicialmente semidúplex (posteriormente se añadió operación full-dúplex)



2 Tecnología LAN Ethernet 100BaseT

■ Sistema 100BaseT (Fast Ethernet) :

- Velocidad de transmisión: 100Mbps en banda base
- Topología en estrella
- Tipo de Cable: par trenzado sin apantallamiento (UTP) o con apantallamiento (STP) con conector RJ-45
- Implementaciones:
 - 100BaseTX
 - 100BaseT4
 - 100BaseT2
- Semidúplex y full-dúplex
- También implementación sobre fibra monomodo o multimodo (100BASEFX)





2 Tecnología LAN Gigabit Ethernet

■ Sistemas Gigabit Ethernet:

- Velocidad de transmisión: 1000Mbps en banda base
- Tecnología para troncales o para conexiones con servidores a alta velocidad
- Sistemas
 - ♦ UTP: 1000BaseT semi-dúplex y full-dúplex, usa los 4 pares
 - ♦ Fibra: 1000BaseSX (850nm), 1000BaseLX (1300nm)
 - ♦ STP: 1000BaseCX, para interconectar equipos en un mismo rack

Nombre	medio	distancia
1000BASE-T	UTP categoría 5, 5e o 6	100 m
1000BASE-SX	multi-mode fiber	500 m
1000BASE-LX	single-mode fiber	2 km
1000BASE-BX10	single-mode fiber , over single-strand fiber: 1490 nm downstream 1310 nm upstream	10 km
1000BASE-CX	balanced copper cabling	25 m
1000BASE-ZX	single-mode fiber at 1550 nm (implementaciones no standard)	~ 70 km



2 Resumen Tecnologías LAN Ethernet

Standard	Standard First Released	Data Rate	Topology	Medium	Maximum Cable Segment Length in Meters	
					Half-Duplex	Full-Duplex
10Base5	DIIX-1980, 802.3-1983	10Mb/s	Bus	single 50-ohm coaxial cable (thick Ethernet) (10mm thick)	500	n/a
10Base2	802.3a-1985	10Mb/s	Bus	single 50-ohm RG 58 coaxial cable (thin Ethernet) (5mm thick)	185	n/a
10Broad36	802.3b-1985	10Mb/s	Bus	single 75-ohm CATV broadband cable	1800	n/a
FOIRL	802.3d-1987	10Mb/s	Star	two optical fibers	1000	>1000
1Base5	802.3e-1987	1Mb/s	Star	two pairs of twisted telephone cable	250	n/a
10Base-T	802.3i-1990	10Mb/s	Star	two pairs of 100-ohm Category 3 or better UTP cable	100	100
10Base-FL	802.3j-1993	10Mb/s	Star	two optical fibers	2000	>2000
10Base-FB	802.3j-1993	10Mb/s	Star	two optical fibers	2000	n/a
10Base-FP	802.3j-1993	10Mb/s	Star	two optical fibers	1000	n/a
100Base-TX	802.3u-1995	100Mb/s	Star	two pairs of 100-ohm Category 5 UTP cable	100	100
100Base-FX	802.3u-1995	100Mb/s	Star	two optical fibers	412	2000
100Base-T4	802.3u-1995	100Mb/s	Star	four pairs of 100-ohm Category 3 or better UTP cable	100	n/a
100Base-T2	802.3y-1997	100Mb/s	Star	two pairs of 100-ohm Category 3 or better UTP cable	100	100
1000Base-LX	802.3z-1998	1Gb/s	Star	long wavelength laser (1300nm) over:		
				- 62.5um multi-mode fiber	316	550
				- 50um multi-mode fiber	316	550
1000Base-SX	802.3z-1998	1Gb/s	Star	short wavelength laser (850nm) over:		
				- 62.5um multi-mode fiber	275	275
				- 50um multi-mode fiber	316	550
1000Base-CX	802.3z-1998	1Gb/s	Star	specialty shielded balanced copper jumper cable assemblies ("twinax" or "short haul copper")	25	25
1000Base-T	802.3ab-1999	1Gb/s	Star	four pairs of 100-ohm Category 5 or better cable	100	100

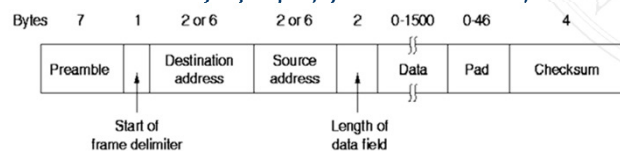




3 Trama Ethernet

Trama Ethernet

- Incluye en la cabecera la dirección MAC de la estación destino y la origen
- Dirección MAC (o dirección *hardware*) de 48 bits de adaptador Ethernet $\Rightarrow$ identifica de manera única a la estación en la red
- Típicamente la dirección MAC se expresa en hexadecimal (pej. 00-60-97-8F-4F-86)
- Dado que la red de área local es un medio compartido todas las estaciones de la red reciben una copia de la trama
- Cada estación compara la dirección MAC destino de la trama recibida con la suya propia, y si no coinciden, la descarta



15

Sistemas de Conmutación

V1.2



3 Trama Ethernet

Tipos de trama:

- **Unicast:** trama destinada únicamente a una estación. Únicamente la estación cuya dirección MAC coincide con el campo de dirección destino de la trama procesa la trama.
- **Broadcast:** trama con dirección MAC destino FF-FF-FF-FF-FF-FF. Todas las estaciones procesan la trama (p.ej. ARP).
- **Multicast:** trama destinada a un grupo de estaciones. Existe una dirección reservada para tramas multicast (p.ej. Cisco usa 01-00-0C-CC-CC-CC) que cada estación procesará si la tarjeta está configurada para procesar tramas multicast.

Concepto de Colisión:



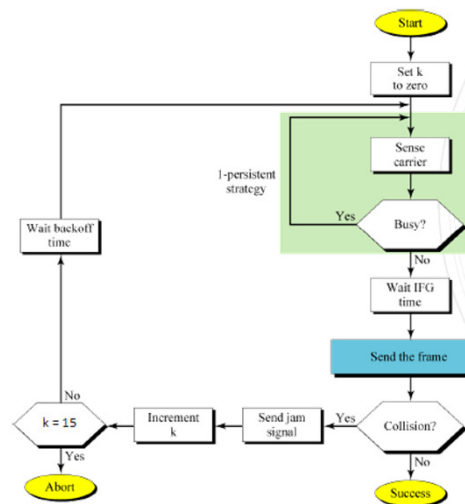
16

Sistemas de Conmutación

V1.2



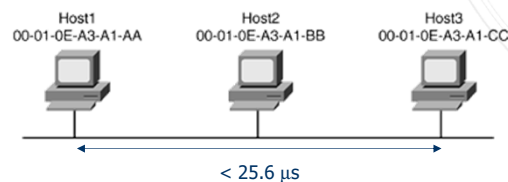
3 Acceso Múltiple CSMA/CD



3 Slot Time

Concepto de Slot Time

- **Requisito de diseño:** Una estación debe detectar y reportar una colisión entre los puntos más lejanos de la red antes de que la fuente termine la transmisión de la trama
- El caso peor para detectar y reportar una colisión viene dado por estaciones localizadas en los extremos de la red
- La trama de tamaño mínimo es 64B
- En una red 10Mbps Ethernet, Slot Time = $51.2 \mu s = 64B/10Mbps$
- Para diseñar correctamente la red el retardo entre los extremos no debe exceder de Slot Time/2





3 Dominios de Colisión y Difusión

■ Conceptos de Dominios de colisión y difusión

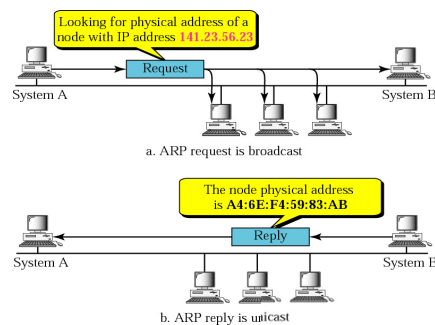
- Las estaciones de la red compiten por la transmisión de datos en el medio compartido $\Rightarrow$ el ancho de banda se divide entre las estaciones
- El tiempo que una estación necesita para acceder al medio está indeterminado debido a la posibilidad de existencia de colisiones
- Dominio de colisión** lo forman el conjunto de estaciones que pueden potencialmente colisionar entre sí al intentar transmitir
- Dominio de difusión:** define la extensión de la red por la que se propagan tramas de broadcast
 - Ejemplo: En una red Ethernet con topología en bus existe un único dominio de colisión y de broadcast



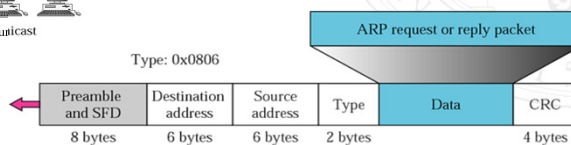
3 Address Resolution Protocol

■ ARP (Address Resolution Protocol)

- Resuelve direcciones de enlace a partir de direcciones de red



Type: 0x0806





3 *Address Resolution Protocol*

- El mensaje de solicitud ARP se encapsula en una trama de difusión
- Cada estación guarda una tabla ARP que contiene el mapeo entre dirección IP y dirección MAC asociada

Ejemplo de tabla ARP

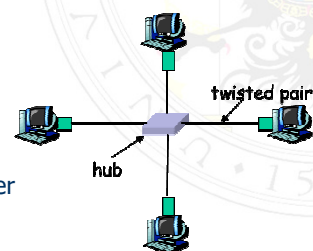
```
Administrator: C:\Windows\System32\cmd.exe
C:\Windows\system32>arp -a

Interface: 10.53.37.206 --- 0xb
Internet Address      Physical Address      Type
10.53.37.1             7c-69-f6-f2-7a-ff    dynamic
10.53.37.209          d0-27-88-d0-e3-18    dynamic
10.53.37.213          d0-27-88-d0-e2-48    dynamic
10.53.37.254          d0-27-88-d0-df-98    dynamic
10.53.37.255          ff-ff-ff-ff-ff-ff    static
C:\Windows\system32>
```



4 *Repetidores y Concentradores*

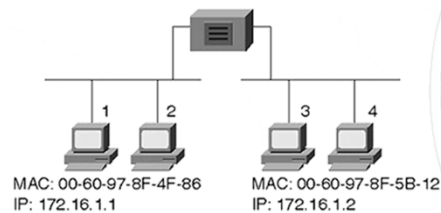
- **Repetidores y Concentradores (hubs)**
 - Se emplean para extender la distancia de la red
 - Actúan únicamente a nivel físico
 - Regeneran la señal y la envían a la otra línea
 - Un repetidor tiene únicamente dos puertos
 - Un concentrador es un repetidor multipuerto
 - La señal se envía de un puerto a todos los demás
 - Si dos estaciones colisionan el repetidor retransmite la colisión
 - Extienden el dominio de colisión y el dominio de difusión
 - La distancia de la red se puede extender mientras no se viole el Slot Time





4 Repetidores y Concentradores

Ejemplo ARP con un repetidor



ARP Request Received by Station 3

DA MAC	SA MAC	Source IP	Dest IP
FF-FF-FF-FF-FF-FF	00-60-97-8F-4F-86	172.16.1.1	172.16.1.2

ARP Reply Received by Station 1

DA MAC	SA MAC	Source IP	Dest IP
00-60-97-8F-4F-86	00-60-97-8F-5B-12	172.16.1.2	172.16.1.1



4 Puentes

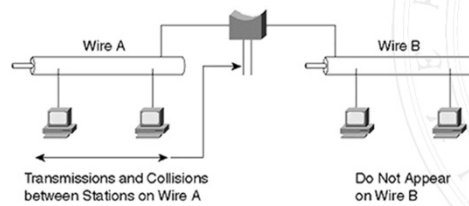
Puentes (Bridges):

- También se emplean para extender la distancia de la red
- Pero a diferencia de los repetidores, **filtran o reenvían** cada trama en función de la dirección MAC destino
- El puente únicamente retransmite al otro segmento de la red si la estación a la que va destinada se encuentra en dicho segmento
- Operan a nivel de enlace (capa 2 OSI)
- Cuando una trama se va a reenviar por un segmento, se usa CSMA/CD para acceder al segmento $\Rightarrow$ las colisiones no se reenvían
- Operación transparente: aunque cada interfaz del puente tiene su propia dirección MAC, estas direcciones no aparecen nunca en las tramas reenviadas por el puente
- Proceso de auto-aprendizaje de direcciones MAC



4 Puentes

Puentes (Bridges):



25

Sistemas de Conmutación

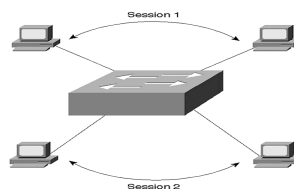
V1.2



4 Conmutadores

Conmutadores (Switches)

- Es un puente multipuerto
- Cada estación se conecta directamente a un puerto del conmutador
- Cada estación tiene disponible todo el ancho de banda



26

Sistemas de Conmutación

V1.2





4 Operación de Puentes/Conmutadores

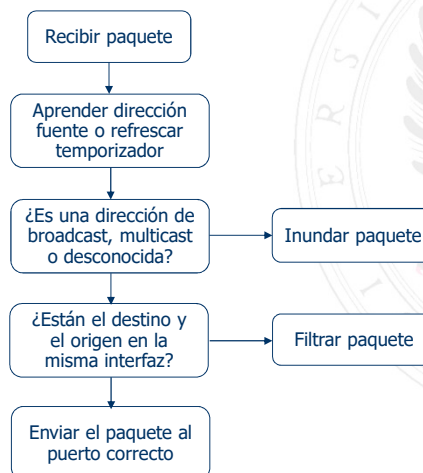
La operación de los puentes/conmutadores se basa en 5 procesos:

- **Aprendizaje (Backward learning):** el puente aprende las direcciones MAC de las estaciones en cada segmento $\Rightarrow$ creación de tabla de dir. MAC
- **Inundación:** cuando un puente recibe una trama con una dirección MAC destino que no aparece en la tabla de dir. $\Rightarrow$ reenvía el paquete a todos los puertos excepto el origen
- **Filtrado:** ocurre cuando la estaciones destino y origen se encuentran en el mismo segmento de la red
- **Reenvío:** consiste en reenviar una trama al segmento de la red indicado por la tabla de dir. MAC
- **Aging:** Al aprender la dirección MAC de una estación, el puente inicia un temporizador. Cada vez que el puente reenvía o filtra una trama de dicha estación resetea el temporizador. Si el temporizador expira, el puente elimina dicha estación de la tabla.



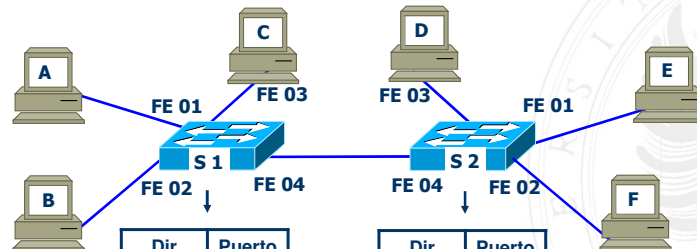
4 Operación de Puentes/Conmutadores

Proceso de Aprendizaje de Direcciones MAC en un Conmutador LAN





4 Ejemplo de Red con Dos Conmutadores



Dir MAC	Puerto
MAC_A	FE 01
MAC_B	FE 02
MAC_C	FE 03
MAC_D	FE 04
MAC_E	FE 04
MAC_F	FE 04

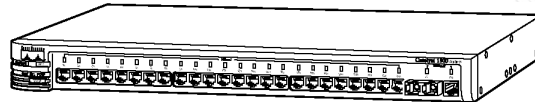
Dir MAC	Puerto
MAC_A	FE 04
MAC_B	FE 04
MAC_C	FE 04
MAC_D	FE 03
MAC_E	FE 01
MAC_F	FE 02

Desde el punto de vista de S1 las estaciones D, E y F están todas en el mismo segmento, ya que cuando S2 reenvía por FE 04 las tramas de D, E y F la copia es idéntica al original (la dirección MAC de origen no se cambia)



4 Ejemplo de Tabla MAC

```
# show mac-address-table
0004.75EF.4BEB Ethernet 0/1
0004.75EF.4B1C Ethernet 0/2
0004.75EF.2DA6 Ethernet 0/3
0004.75EF.4AD9 Ethernet 0/4
0004.75EF.49D6 Ethernet 0/5
0004.75EF.49D2 Ethernet 0/7
0004.75EF.4B0C Ethernet 0/8
0004.75EF.49D3 Ethernet 0/9
0004.75EF.472B Ethernet 0/10
0004.75EF.4952 Ethernet 0/11
0004.75EF.4BF8 Ethernet 0/12
0004.75EF.4B19 Ethernet 0/13
0004.75EF.41DB Ethernet 0/16
0004.75EF.49CF Ethernet 0/17
0004.75EF.494F Ethernet 0/18
0004.75EF.4AD8 Ethernet 0/19
0004.75EF.4B30 Ethernet 0/20
0004.75EF.3D67 Ethernet 0/21
0004.75EF.4753 Ethernet 0/22
0004.75EF.49D8 Ethernet 0/23
0001.E654.0FF9 Ethernet 0/24
0040.3394.95CD FastEthernet 0/27
00C0.DF0F.C9E0 FastEthernet 0/27
000C.6E1D.126E FastEthernet 0/27
0060.0811.9114 FastEthernet 0/27
0000.B458.D92B FastEthernet 0/27
00D0.BABF.B200 FastEthernet 0/27
0000.48B5.246F FastEthernet 0/27
0004.0018.C74B FastEthernet 0/27
0040.F479.6773 FastEthernet 0/27
0004.769F.7ABC FastEthernet 0/27
0001.020B.F581 FastEthernet 0/27
0001.E68E.7273 FastEthernet 0/27
000B.5FF8.8900 FastEthernet 0/27
00D0.BABF.B218 FastEthernet 0/27
0000.E87B.9E9B FastEthernet 0/27
```



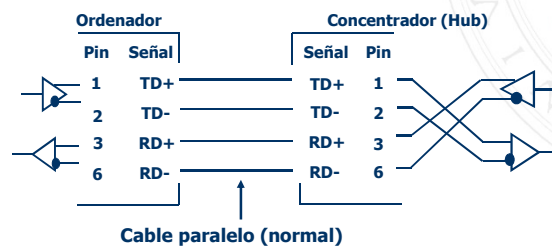
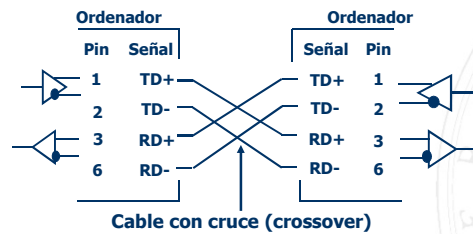
Puertos Ethernet 0/1 a Ethernet 0/24
(10BASE-T)

Puerto FastEthernet 0/26
(100BASE-FX)

Puerto FastEthernet 0/27
(100BASE-TX)



4 Transmisión Semi-Dúplex o Full-Dúplex



31

Sistemas de Conmutación

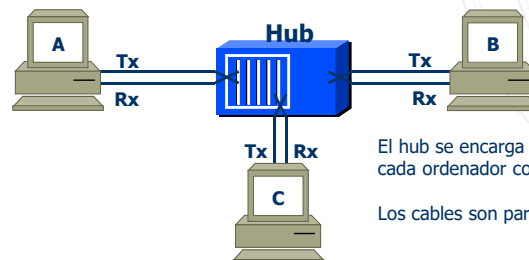
V1.2



4 Transmisión Semi-Dúplex

■ Transmisión con repetidores/concentradores $\Rightarrow$ usan CSMA/CD $\Rightarrow$ Transmisión Semi-Dúplex

■ Si mientras un ordenador transmite (por Tx) recibe algo (por Rx) entiende que se ha producido una colisión. En ese caso deja de transmitir y recibir y envía la señal de colisión



El hub se encarga de cruzar el Tx de cada ordenador con el Rx de los demás.

Los cables son paralelos

32

Sistemas de Conmutación

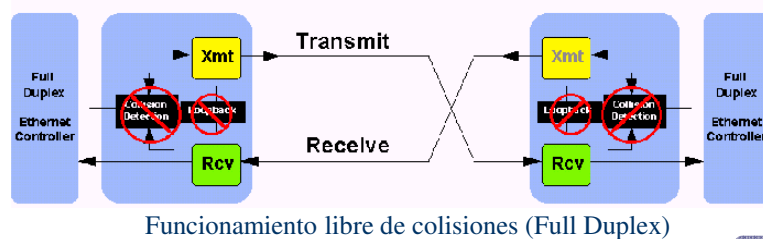
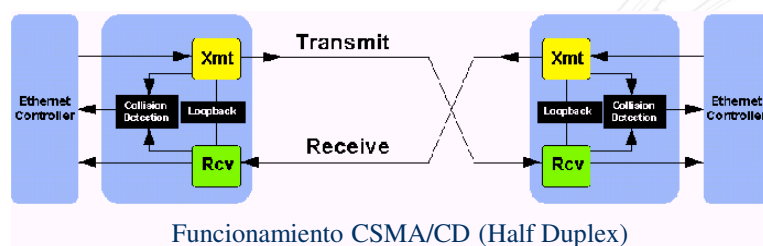
V1.2



4 Transmisión Full-Dúplex

- **Transmisión full-dúplex $\Rightarrow$ se suprime CSMA/CD**
- Transmisión full-dúplex es posible si:
 - Sólo hay dos estaciones en el dominio de colisión (p. ej. host-host, host-conmutador, conmutador-conmutador)
 - El medio es full-dúplex (todos los habituales hoy en día lo son)
 - Los controladores/transceivers de ambos equipos son capaces de funcionar full-dúplex (todos los habituales hoy en día lo son)
- Transmisión full-dúplex no es posible con repetidores/concentradores
- Transmisión full-dúplex dobla el ancho de banda!
- Necesidad de añadir control de flujo

4 Transmisión Semi-Dúplex o Full-Dúplex

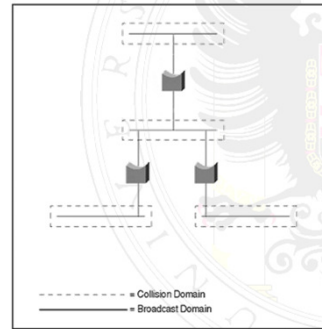




Segmentación de Redes de Área Local Ethernet

Segmentación de LANs con puentes o conmutadores

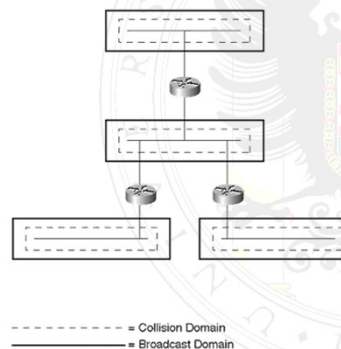
- Puentes y conmutadores crean un dominio de colisión para cada segmento
- El ancho de banda no se divide entre todos los segmentos de la red
- Cada segmento tiene su propio Slot Time
- El dominio de difusión se extiende más allá de los puentes/conmutadores
- Una gran cantidad de tramas broadcast o multicast reduciría en exceso el ancho de banda



Encaminadores

Encaminadores (Routers)

- Al igual que los concentradores y conmutadores también permiten para extender la distancia de la red
- Crean un dominio de colisión y de difusión para cada segmento
- Cada segmento es por tanto una red distinta
- Operan a nivel de red (capa 3 OSI)
- Implementan algoritmos de encaminamiento y mantienen tablas de encaminamiento





4 Tabla de Encaminamiento en un Router

- Tabla de encaminamiento (capa 3 OSI) en una estación

```
[root@masq-gw]# route -n
Kernel IP routing table
Destination Gateway Genmask Flags Metric Ref Use Iface
192.168.100.0 0.0.0.0 255.255.255.252 U 0 0 0 eth3
205.254.211.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 eth1
192.168.100.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 eth0
192.168.99.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U 0 0 0 eth2
192.168.98.0 192.168.99.1 255.255.255.0 UG 0 0 0 eth2
10.38.0.0 192.168.100.1 255.255.0.0 UG 0 0 0 eth3
127.0.0.0 0.0.0.0 255.0.0.0 U 0 0 0 lo
0.0.0.0 205.254.211.254 0.0.0.0 UG 0 0 0 eth1
```

- Tabla de encaminamiento (capa 3 OSI) en un router:

```
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
C    10.1.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S    10.1.0.0/16 [1/0] via 10.1.3.1
C    10.1.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
S    10.200.1.1/32 [1/0] via 10.1.3.1
S    10.200.1.4/32 [1/0] via 10.1.4.1
```



4 Ejemplo de envío de datagrama IP

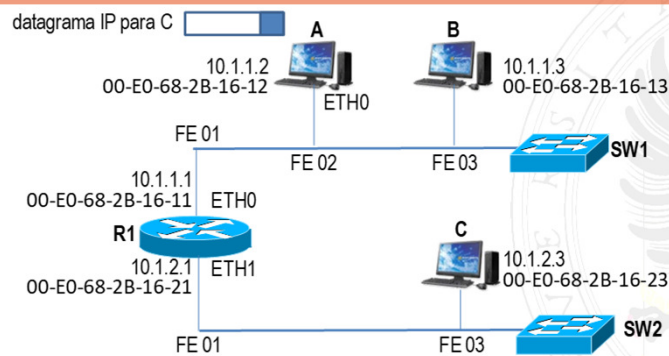


Tabla Encaminamiento de Estación A

Destino	Siguiente Salto	Máscara	Interfaz
10.1.1.0	*	255.255.255.0	ETH0
10.1.2.0	10.1.1.1	255.255.255.0	ETH0

Tabla Encaminamiento de R1

Destino	Siguiente Salto	Máscara	Interfaz
10.1.1.0	*	255.255.255.0	ETH0
10.1.2.0	*	255.255.255.0	ETH1



4 Ejemplo de envío de datagrama IP

Pasos

- 1º: Estación A busca la dir IP destino en su tabla de encaminamiento → el datagrama debe ser enviado al siguiente salto 10.1.1.1 (router R1)
- 2º: Estación A genera la trama Ethernet y encapsula el datagrama IP
 - 2º-2: La estación A busca en su tabla ARP la dirección MAC asociada a la dir IP 10.1.1.1 (del router R1)
 - 2º-3: La dir. MAC origen es la de la propia Estación A
- 3º: Estación A transmite la trama y llega al conmutador SW1
- 4º: El conmutador SW1 reenvía la trama al puerto correspondiente en función de la dir MAC destino y de su tabla de direcciones MAC



4 Ejemplo de envío de datagrama IP

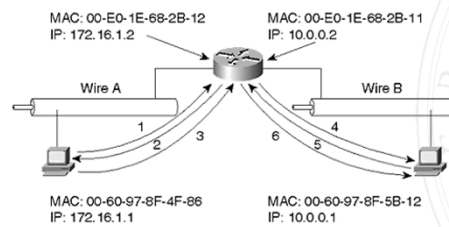
Pasos

- 5º: R1 extrae el datagrama IP encapsulado en la trama Ethernet y busca la dir IP destino en su tabla de encaminamiento → la estación C está directamente conectada por la interfaz ETH1
- 6º: R1 genera una nueva trama Ethernet y encapsula el datagrama IP
 - 6º-2: R1 busca en su tabla ARP la dirección MAC asociada a la dir IP del destino (de la estación C)
 - 6º-3: La dir. MAC origen es la del propio R1
- 7º: R1 transmite la trama y llega al conmutador SW2
- 8º: SW2 reenvía la trama al puerto correspondiente en función de la dir MAC destino y de su tabla de direcciones MAC
- 9º: La trama Ethernet llega a la estación C, la cual desencapsula el datagrama IP



4 Ejemplo de ARP con Routers

Operación ARP en Red con Routers



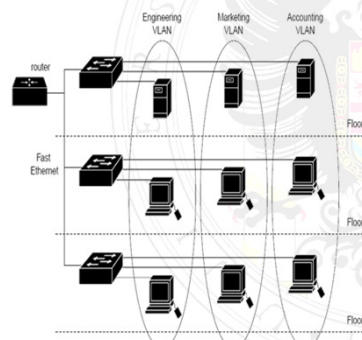
Layer 2 Header (Modified)			Layer 3 Header (Unmodified)	
Frame	Destination MAC	Source MAC	Source IP	Destination IP
1*	FF-FF-FF-FF-FF-FF	00-60-97-8F-4F-86	172.16.1.1	172.16.1.2
2**	00-60-97-8F-4F-86	00-E0-1E-68-2B-12	172.16.1.2	172.16.1.1
3***	00-E0-1E-68-2B-12	00-60-97-8F-4F-86	172.16.1.1	10.0.0.1
4*	FF-FF-FF-FF-FF-FF	00-E0-1E-68-2B-11	10.0.0.2	10.0.0.1
5**	00-E0-1E-68-2B-11	00-60-97-8F-5B-12	10.0.0.1	10.0.0.2
6***	00-60-97-8F-5B-12	00-E0-1E-68-2B-11	172.16.1.1	10.0.0.1



5 Virtual LAN

Virtual LAN (VLAN)

- Permiten dividir una única Red de Área Local en varias Redes de Área Local lógicas de menor tamaño
- Cada VLAN corresponde a un único dominio de difusión
- Los conmutadores intercambian tramas a través de una misma VLAN
- La tabla de direcciones MAC en los conmutadores incluyen la VLAN a la que pertenece un puerto
- La interconexión entre distintas VLANs se ha de llevar a cabo mediante un router





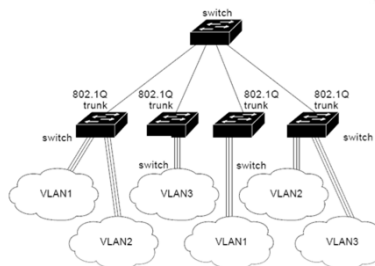
5 Virtual LAN

- Mapeo de tramas a VLAN
 - Según el puerto al que se conecta la estación
 - Según la dirección de la estación MAC
- Ventajas de la VLAN:
 - **Seguridad:** la información intercambiada entre estaciones en una VLAN se aísla del resto de las estaciones en otras VLANs
 - **Distribución de tramas de difusión:** la introducción de VLANs reduce el número de tramas de difusión y multicast que se distribuyen a través de un dominio de difusión
 - **Utilización del ancho de banda:** Cada vez que un conmutador desconoce el puerto asociado a una estación inunda la trama a todo el dominio de difusión
 - **Movilidad de los usuarios:** añadir, mover o reconfigurar usuarios tiene un coste de administración de la red elevado. Con VLANs se reduce la necesidad de reconfiguración si un usuario cambia su localización física (impresoras, servidores, etc)



5 Troncales

- **Enlace de acceso** → aquel que pertenece a una única VLAN
- **Enlace troncal** → transporta tramas de múltiples VLANs sobre un único enlace
 - enlace punto a punto entre varios conmutadores o entre conmutadores y equipos (servidores, routers)



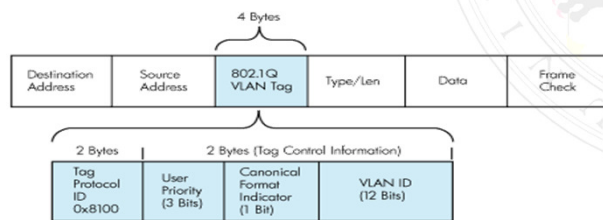


5 Troncales

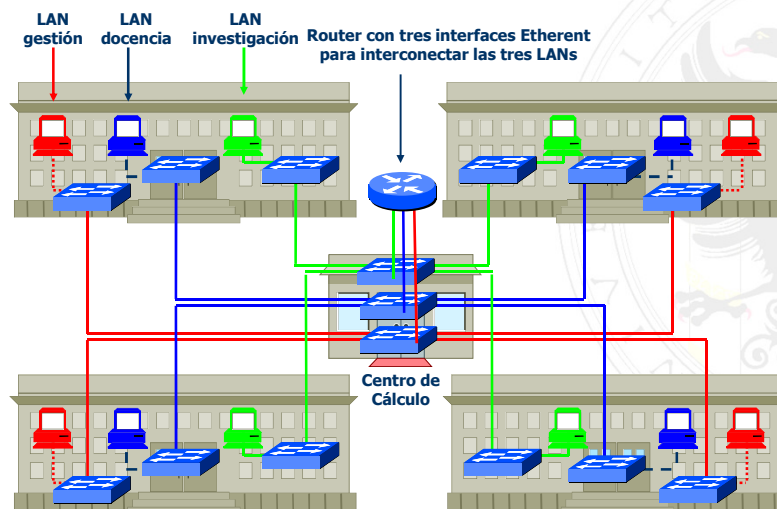
■ **Protocolo 802.1Q** → define un etiquetado a la trama Ethernet para identificar la VLAN a la que pertenece en un enlace troncal

■ Campos:

- TPID: indica que sigue una trama 802.1Q
- Prioridad: se emplea para priorizar tráfico
- CFI: toma el valor 0 en Ethernet
- VID: Identificador de VLAN

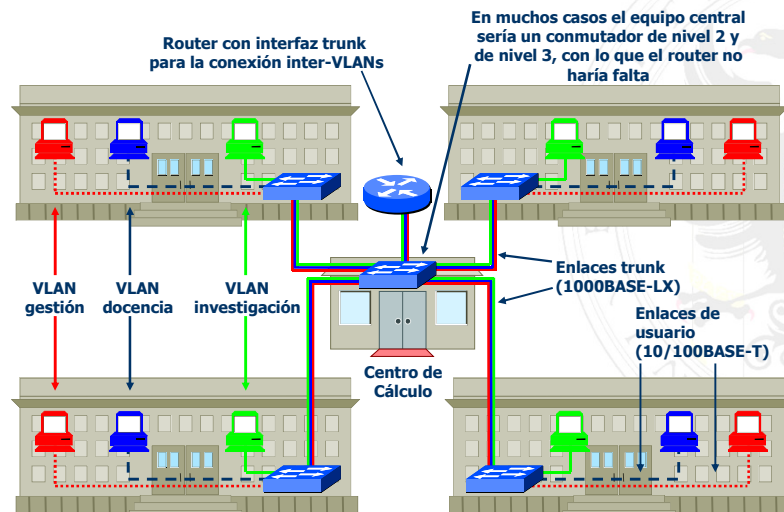


5 Ejemplo de Red sin VLAN





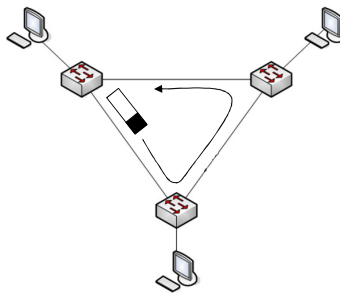
5 Ejemplo de Red con VLANs



6 Spanning Tree Protocol

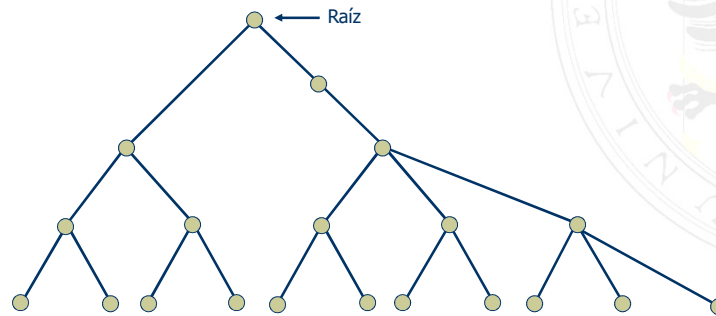
Creación de bucles en Redes de Área Local Ethernet

- Introducir enlaces redundantes $\Rightarrow$ crea bucles
- Bucles en redes LAN causan:
 - Los paquetes de difusión circulan por el bucle indefinidamente
 - Corrupción de la tabla de direcciones MAC



6 *Spanning Tree Protocol*

- **Spanning Tree Protocol (STP):** protocolo para eliminar bucles activos en Redes de Área Local
- STP organiza la red según una topología de árbol para cada VLAN
- Solo un camino posible entre dos nodos (un árbol sin bucles)



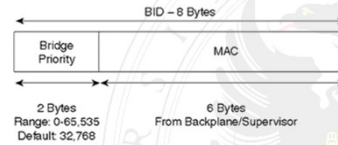
6 *Spanning Tree Protocol*

- ## Conceptos del STP:
- **Puente Raíz** (Root Bridge): centro lógico de la red
 - **Puentes Designados** (Designated Bridges): puente responsable de reenviar tráfico desde el Puente Raíz a un enlace determinado. Cada enlace tiene un único Puente Designado
 - **Puertos Designados** (Designated Port): es un puerto de un Puente Designado empleado para reenviar tráfico desde el Puente Raíz hacia un enlace para el cual dicho puerto es el Puente Designado
 - **Puerto Raíz** (Root Port): es un puerto del Puente Designado que proporciona conectividad hacia el Puente Raíz
 - Todos los restantes puertos de un Puente Designado estarán inactivos
 - ♦ Es decir, un Puente Designado solo reenvía tráfico desde y hacia sus Puertos Raíz y Designado



6 *Spanning Tree Protocol*

- Spanning Tree Protocol (STP): hace uso de los siguientes conceptos cuando crea la topología sin bucle:
- ID del Bridge (BID): 8 bytes compuestos de los siguientes subcampos:
 - 6 bytes de dirección MAC del conmutador
 - Prioridad del bridge
- Coste del Camino:
 - el coste de un enlace es inversamente proporcional a su velocidad
 - STP configura la topología para que cada estación sea alcanzable desde la raíz con el menor coste



Bandwidth	STP Cost
4 Mbps	250
10 Mbps	100
16 Mbps	62
45 Mbps	39
100 Mbps	19
155 Mbps	14
622 Mbps	6
1 Gbps	4
10 Gbps	2



6 *Operación del Spanning Tree Protocol*

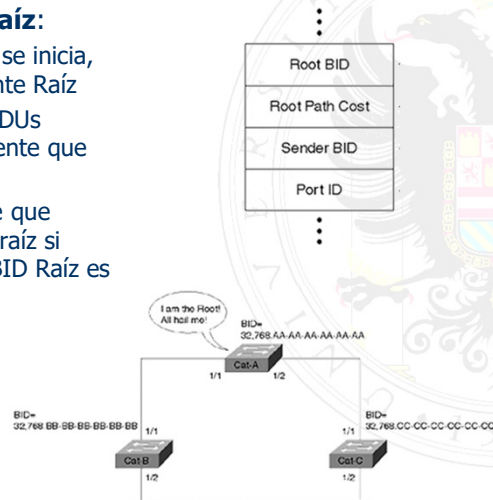
- Pasos iniciales para la convergencia de STP :
 1. Elección del Puente Raíz
 2. Elección de los Puertos Raíz
 3. Elección de los Puertos Designados
- Bridge Protocol Data Units (BPDUs): Mensajes periódicos de intercambio de información STP entre puentes
 - Cada puente salva una copia de la mejor BPDU transmitida o recibida en dicho puerto según la siguiente Secuencia de Decisión STP de Cuatro Pasos:
 1. Menor BID Raíz
 2. Menor coste del camino al Puente Raíz
 3. Menor BID del puente transmisor
 4. Menor ID del puerto transmisor
 - Cada vez que un puente recibe una BPDU se compara con la BPDU salvada para dicho puerto
 - Solo la BPDU más atractiva (según la Secuencia de Decisión STP) se guarda
 - Un puerto deja de transmitir BPDUs si recibe una BPDU más atractiva de la que dicho puerto transmitiría



6 Operación del Spanning Tree Protocol

Elección del Puente Raíz:

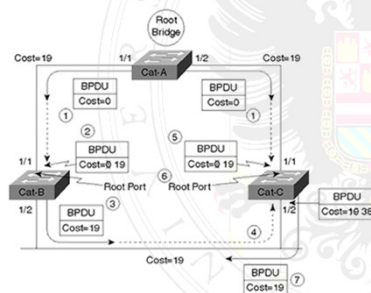
- Cuando un conmutador se inicia, asume que él es el Puente Raíz
- El conmutador envía BPDUs indicando el BID del puente que considera como raíz
- Un conmutador aprende que existe otro conmutador raíz si recibe una BDPDU cuyo BID Raíz es menor que el suyo



6 Operación del Spanning Tree Protocol

Elección de los Puertos Raíz:

- Se define el Coste del Camino hacia el Raíz como el coste acumulado hasta el Puente Raíz
 - ♦ Los costes STP se añaden cada vez que una BDPDU se recibe por un puerto
- Cada puente distinto del Puente Raíz selecciona un único Puerto Raíz
- El puerto seleccionado como Puerto Raíz es aquel con menor Coste del Camino hacia el Raíz (Root Path Cost)

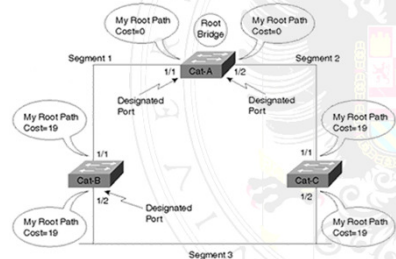




6 Operación del Spanning Tree Protocol

Elección de los Puertos Designados:

- Cada enlace tiene un único Puerto Designado
- Este puerto es el único que envía y recibe tráfico hacia dicho enlace $\Rightarrow$ se rompe el bucle
- El Puerto Designado se escoge basándose en el menor Coste del Camino hacia el Raíz
- En caso de empate en el coste se recurre a la Secuencia de Decisión STP de Cuatro Pasos



6 Estados del Spanning Tree Protocol

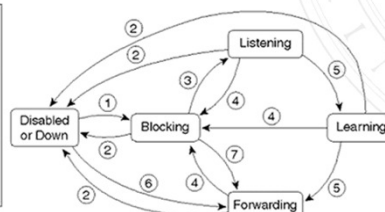
- Cada Puerto Raíz y Puerto Designado reenvía tráfico, mientras que los Puertos no Designados bloquean tráfico

- Posibles estados STP de un puerto:

ESTADO	PROPOSITO
Reenvío	Enviar/ Recibir datos de usuario
Aprendizaje	Construir tabla MAC
Escucha	Construir la topología activa
Bloqueo	Solamente recibe BPDUs
Deshabilitado	Desactivado manualmente

Standard states
 (1) Port enabled or initialized.
 (2) Port disabled or fails.
 (3) Port selected as a Root or Designated Port.
 (4) Port ceases to be a Root or Designated Port.
 (5) Forwarding timer expires.

Cisco-specific states
 (6) PortFast
 (7) UplinkFast



6 Temporizadores del Spanning Tree Protocol

■ Temporizadores STP:

■ Hello Time

- Periodo entre envío de BPDUs por parte del Puente Raíz
- Los restantes puentes propagan las BPDUs cuando llegan desde el Puente Raíz.
- Valor por defecto: 2 segundos

■ Retardo de Reenvío

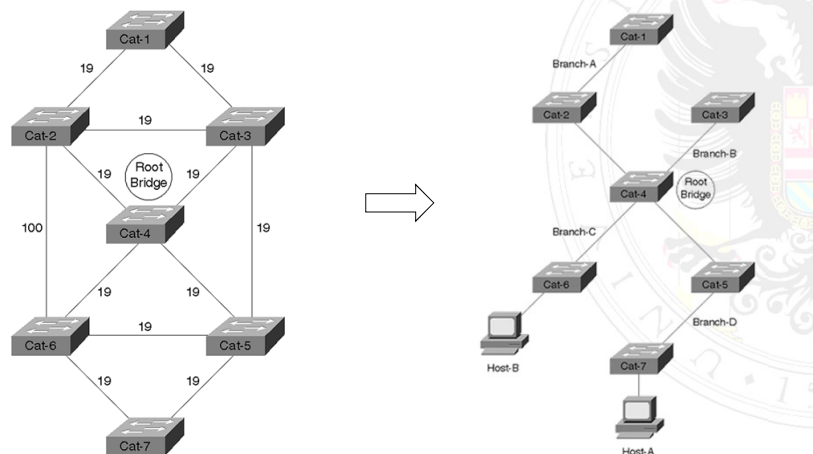
- Tiempo que espera un puente en los estados Aprendizaje y Escucha
- Valor por defecto: 15 segundos

■ Max Age

- Tiempo que un puente almacena una BPDU antes de descartarla
- Valor por defecto: 20 segundos

6 Ejemplo

■ Ejemplo:



Diapositiva 57

P1 No tengo claro cuando los puentes reenvían las bpdus.

Según he dicho antes, el puerto guarda la mejor bpdu entre la que transmite y la que recibe

Y además Un puerto deja de transmitir BPDUs si recibe una BPDU más atractiva de la que dicho puerto transmitiría

.

Pablo.Ameigeiras; 03/12/2013