

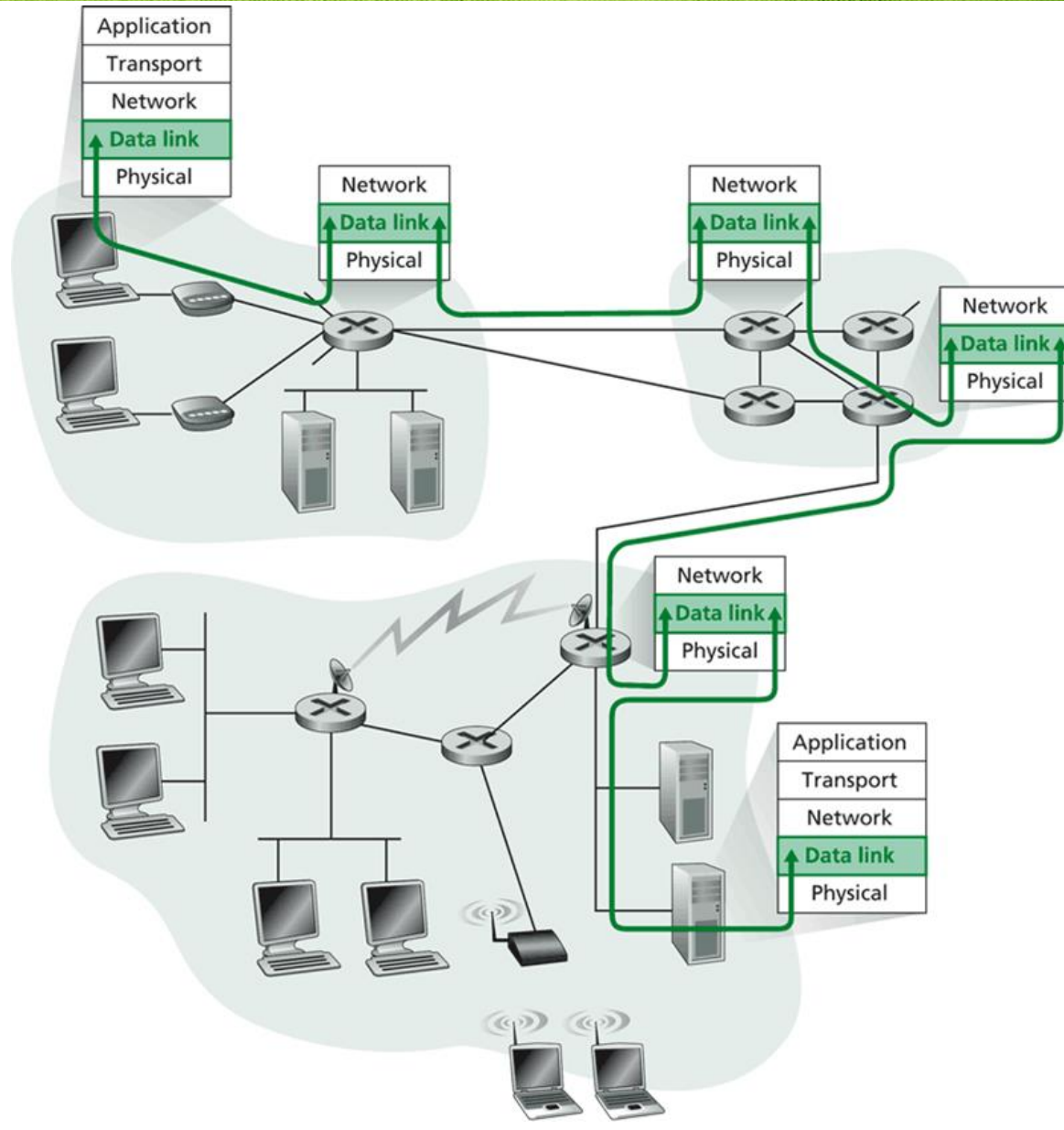


Comunicaciones de Datos

Capa de Enlace

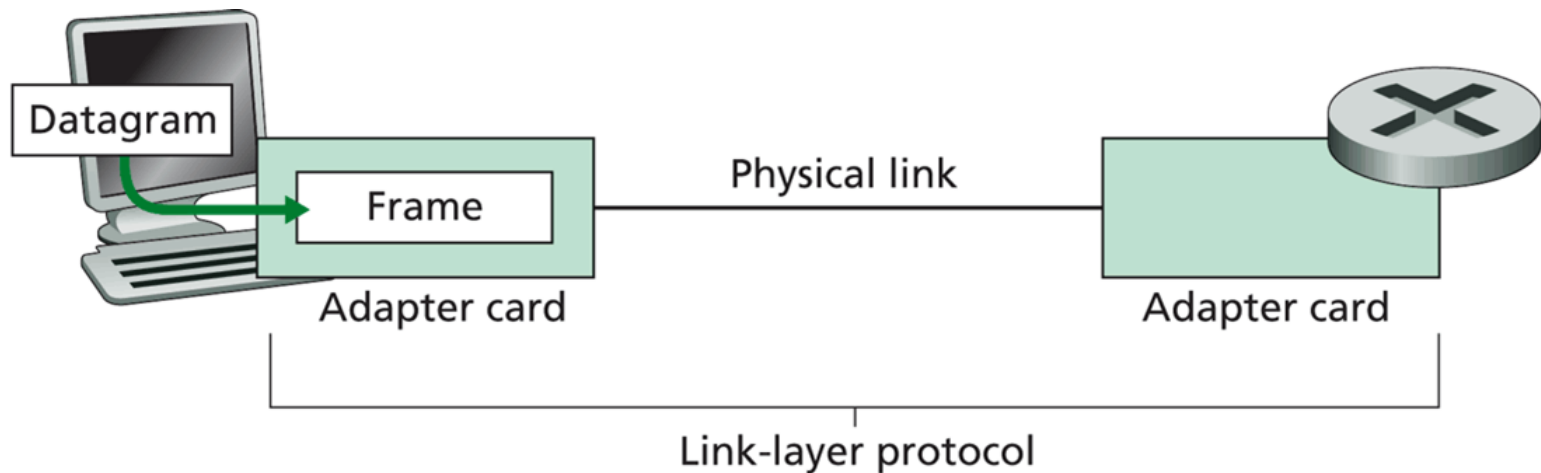


Presentación de la capa de enlace



Capa de enlace

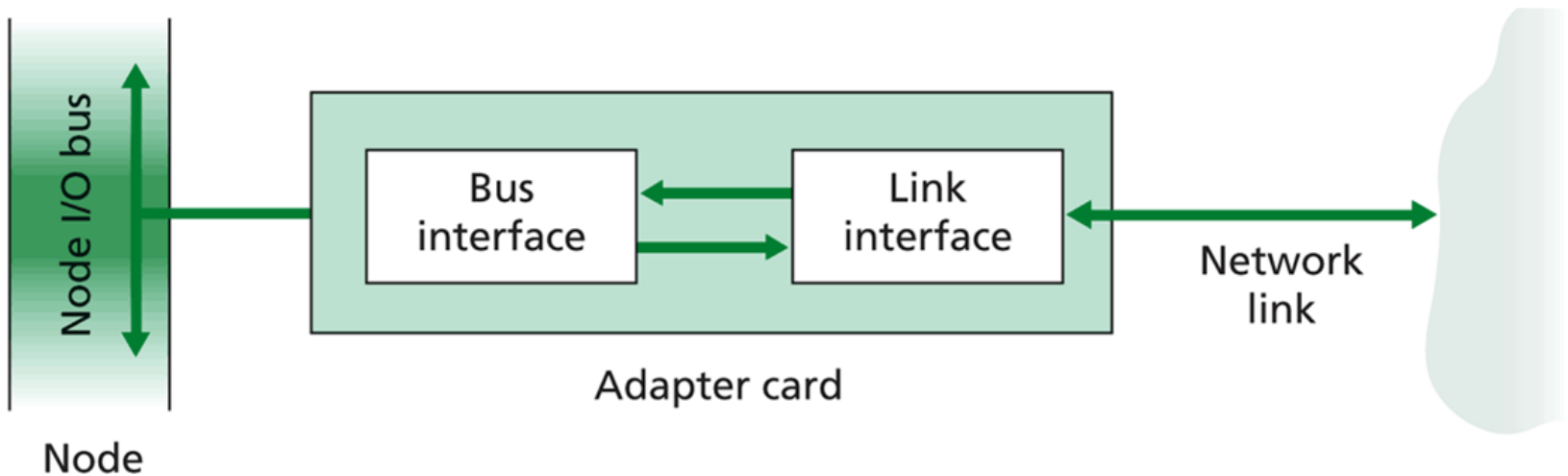
El protocolo de la capa de enlace está implementado en los adaptadores en los extremos del enlace.





Capa de enlace

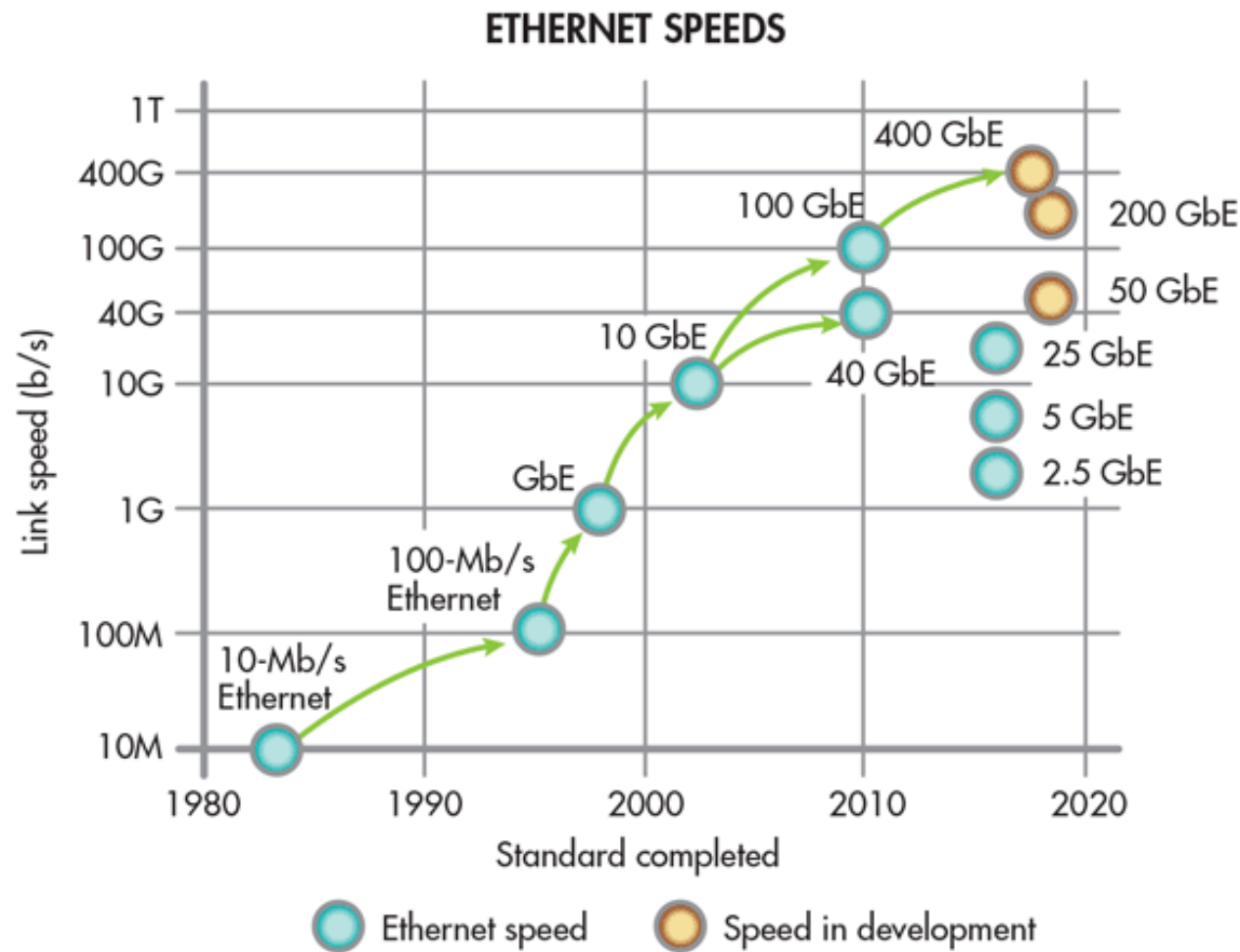
Cada adaptador es una unidad semiautónoma





Ethernet

Una tecnología con casi 40 años de historia



Servicios de la capa de enlace

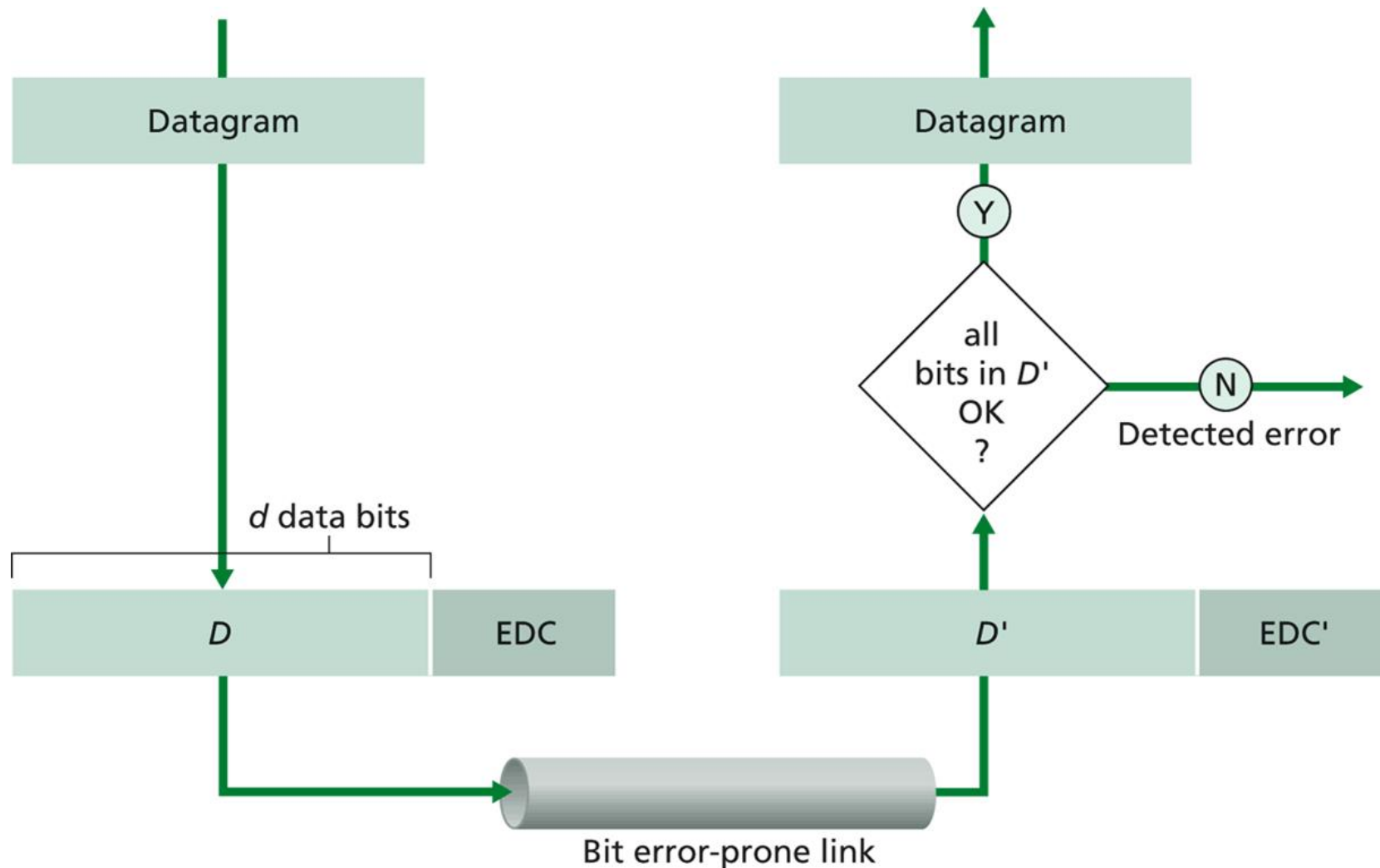
El servicio básico debe mover un datagrama desde un nodo hasta otro adyacente sobre un enlace de comunicación único. Los detalles dependen del protocolo específico. Posibles servicios:

- Enmarcación (Framing)
- Acceso al medio
- Entrega fiable
- Control de flujo
- Detección de errores
- Corrección de errores
- Half-duplex y full-duplex

Para un enlace de comunicación dado, el protocolo de la capa de enlace está, en su mayor parte, implementado en un adaptador.



Escenario para la detección/corrección de errores





Técnicas para la detección/corrección de errores

- Comprobación de paridad

A los fines de ilustrar las ideas básicas en las que se basa la detección y corrección de errores.

- Métodos de comprobación de sumas

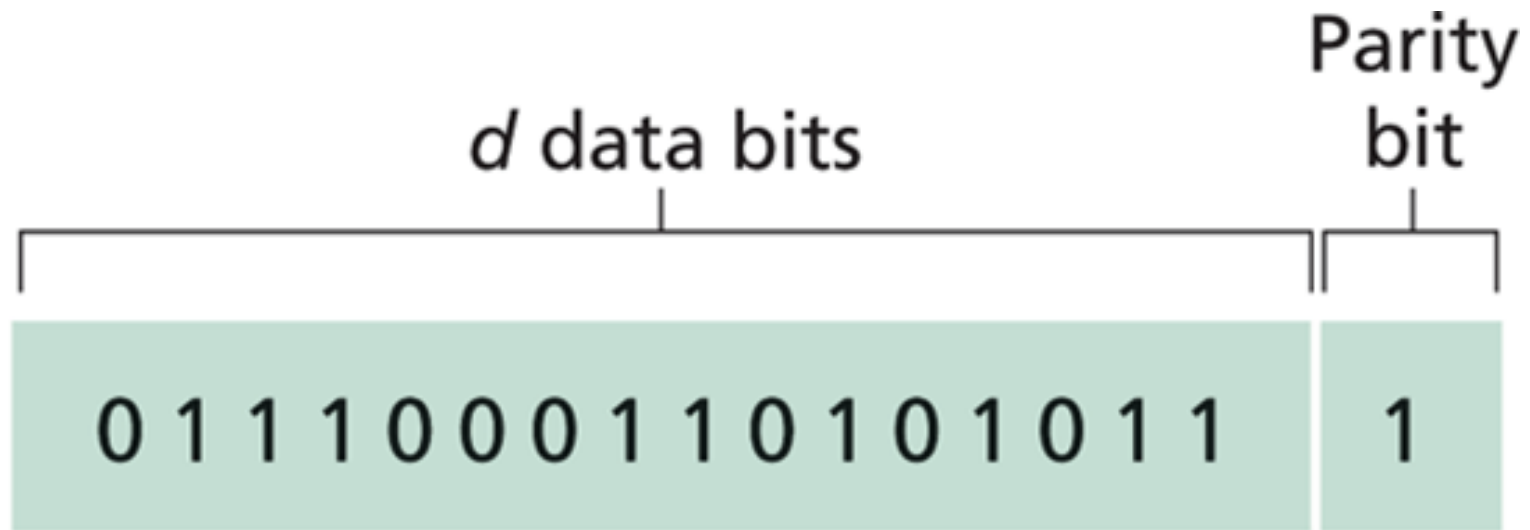
Los empleados más típicamente en la capa de transporte.

- Comprobación de redundancia cíclica

Habitualmente empleados en los adaptadores en la capa de enlace.



Comprobación de paridad de un bit





Comprobación de paridad bidimensional

Row parity →				
Column parity ↓	$d_{1,1}$	\dots	$d_{1,j}$	$d_{1,j+1}$
	$d_{2,1}$	\dots	$d_{2,j}$	$d_{2,j+1}$
	\dots	\dots	\dots	\dots
	$d_{i,1}$	\dots	$d_{i,j}$	$d_{i,j+1}$
	$d_{i+1,1}$	\dots	$d_{i+1,j}$	$d_{i+1,j+1}$

No errors

1	0	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0

Correctable
single-bit error

1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0

Parity error

Parity error

Métodos de comprobación de sumas

La suma de comprobación de internet (TCP y UDP) trata los bytes de datos como enteros de 16 bits y los suma.

El complemento a 1 del resultado es la suma de comprobación y se incorpora a la cabecera del segmento.

El receptor toma el complemento a 1 de los datos recibidos mas el valor de la suma de comprobación y comprueba que sean todos 1. Si alguno de los bits es 0, hay un error.

En la RFC 1071 se discute el algoritmo.

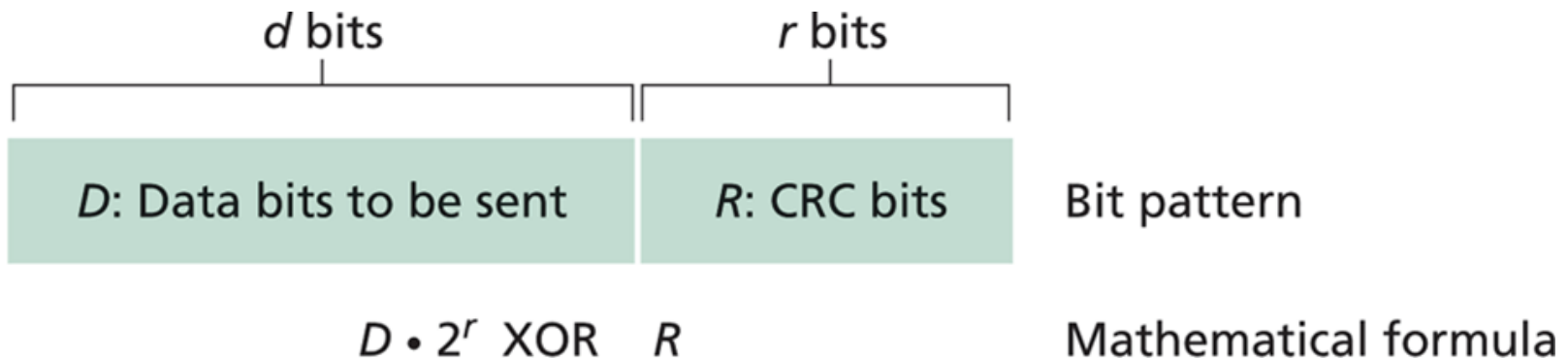
La principal razón por la cual esta técnica se usa en la capa de transporte es su facilidad para implementarse por software.



Comprobación de redundancia cíclica

Los códigos CRC se conocen como códigos polinómicos ya que ven a la cadena de bits que se envía como un polinomio cuyos coeficientes son valores 0 o 1 en la cadena de bits, con operaciones en la cadena de bits interpretadas como aritmética polinómica.

Para los datos “D”, el emisor escogerá “r” bits adicionales, R, y los añadirá a D de forma que el patrón de bits resultante es divisible exactamente por G utilizando aritmética módulo 2.





Problema de acceso al medio

Un enlace punto a punto consta de un único emisor en un extremo del enlace y un único receptor en el otro extremo.

Un enlace de difusión puede tener múltiples nodos de emisión y de recepción, todos conectados al mismo canal único, compartido.

El problema de acceso múltiple surge al tener que coordinar el acceso de múltiples nodos que envían y reciben información sobre un canal de difusión compartido.

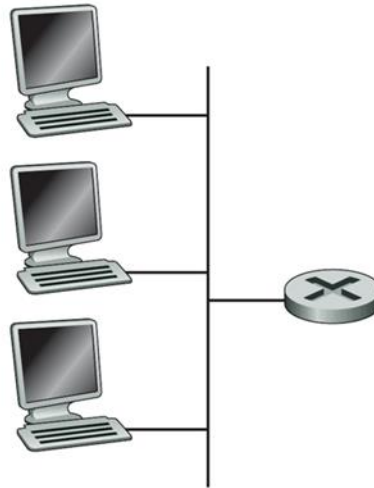
En una analogía, los humanos hemos elaborado un conjunto de protocolos para compartir el canal de difusión:

- Dar a todos la oportunidad de hablar
- No hablar hasta que usted haya hablado
- No monopolizar la conversación
- Levantar la mano si tiene alguna pregunta
- No interrumpir cuando alguien está hablando
- No quedarse dormido cuando cualquiera está hablando



Problema de acceso al medio

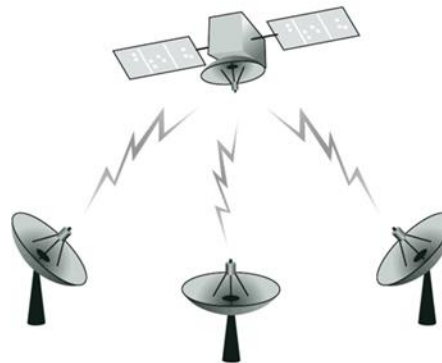
Shared wire
(for example, Ethernet)



Shared wireless
(for example, Wifi)



Satellite



Cocktail party





Problema de acceso al medio

En los últimos 30 años se han escrito miles de artículos y cientos de tesis sobre protocolos de acceso múltiple. [Rom 1990] es una reseña que abarca este corpus de trabajo.

De todos modos podemos clasificar cualquier protocolo de acceso múltiple como perteneciente a una de estas tres categorías:

- Protocolos de particionamiento del canal (TDM, FDM)
- Protocolos de acceso aleatorio (ALOHA, CSMA/CD)
- Protocolo de toma de turnos (TOKEN)



Problema de acceso al medio

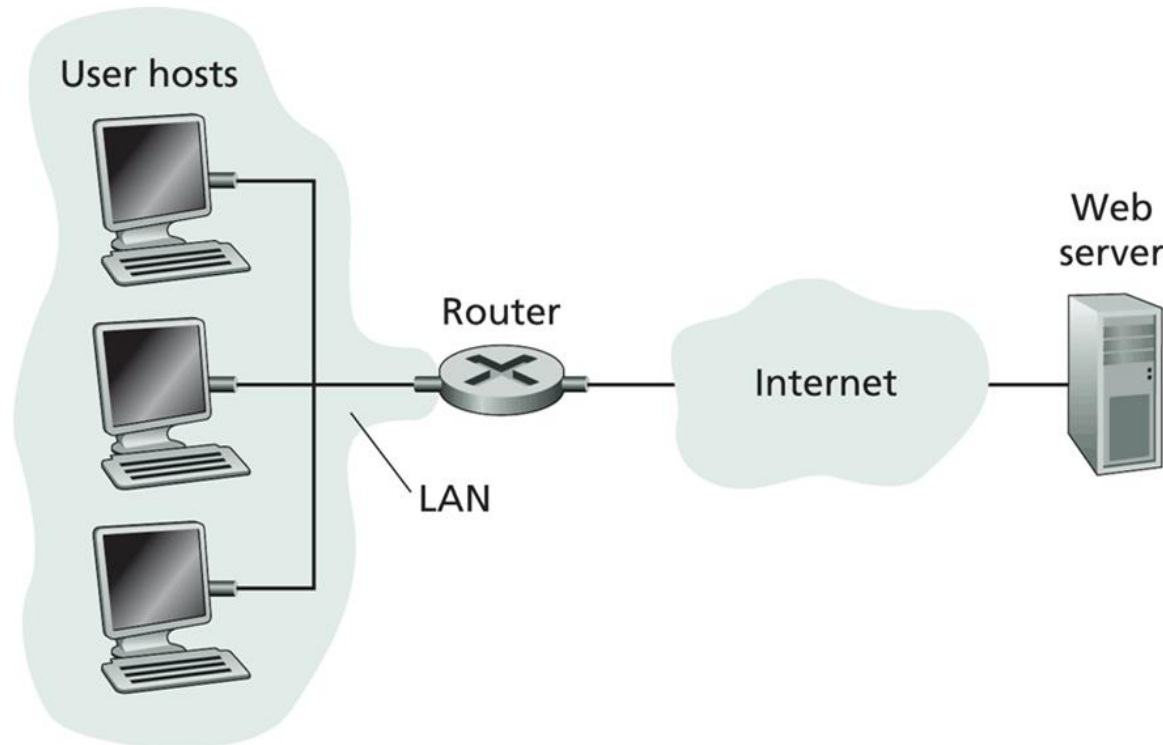
Para concluir la revisión, notemos que idealmente un protocolo de acceso múltiple para un canal de difusión con una tasa de R/seg , debiera tener las siguientes características:

1. Cuando sólo un nodo tiene datos para enviar, ese nodo tiene una tasa de transferencia de R bps.
2. Cuando M nodos tienen datos para enviar, cada uno de estos nodos tiene una tasa de transferencia de R/M bps (valor medio sobre algún intervalo de tiempo definido).
3. El protocolo es descentralizado, no hay nodos que puedan fallar y hacer caer el sistema completo.



Direcciones LAN y ARP

¿ Cómo se materializa el acceso de los host al web server ?



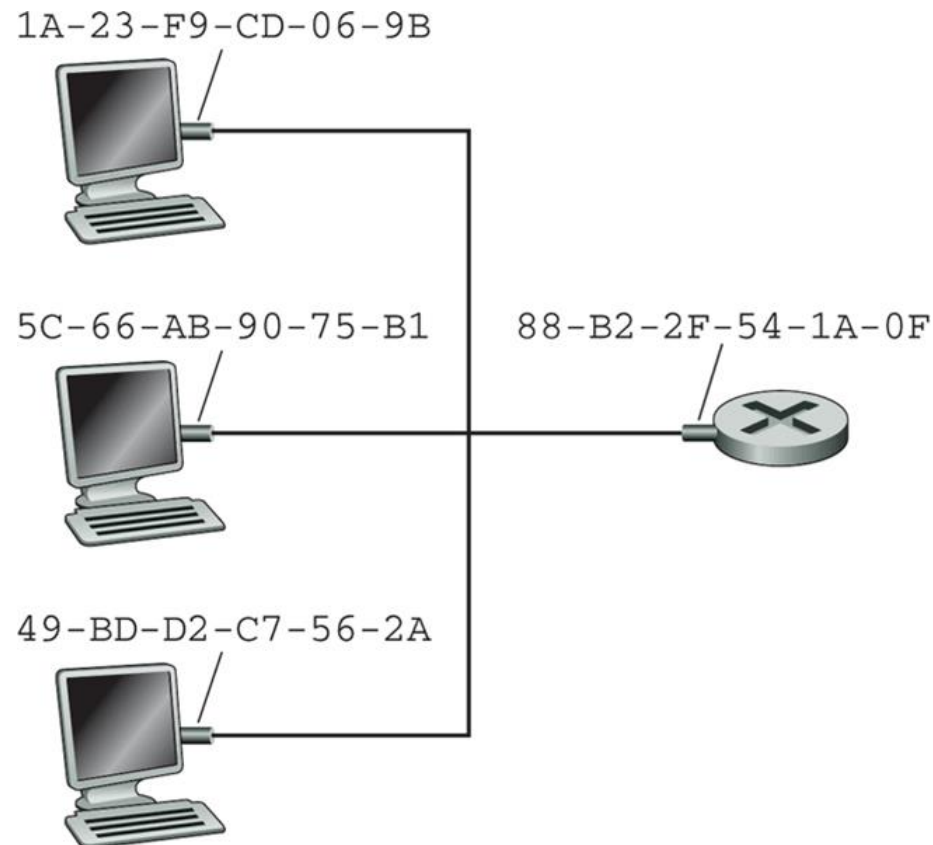
Key:

■ Interface



Direcciones LAN y ARP

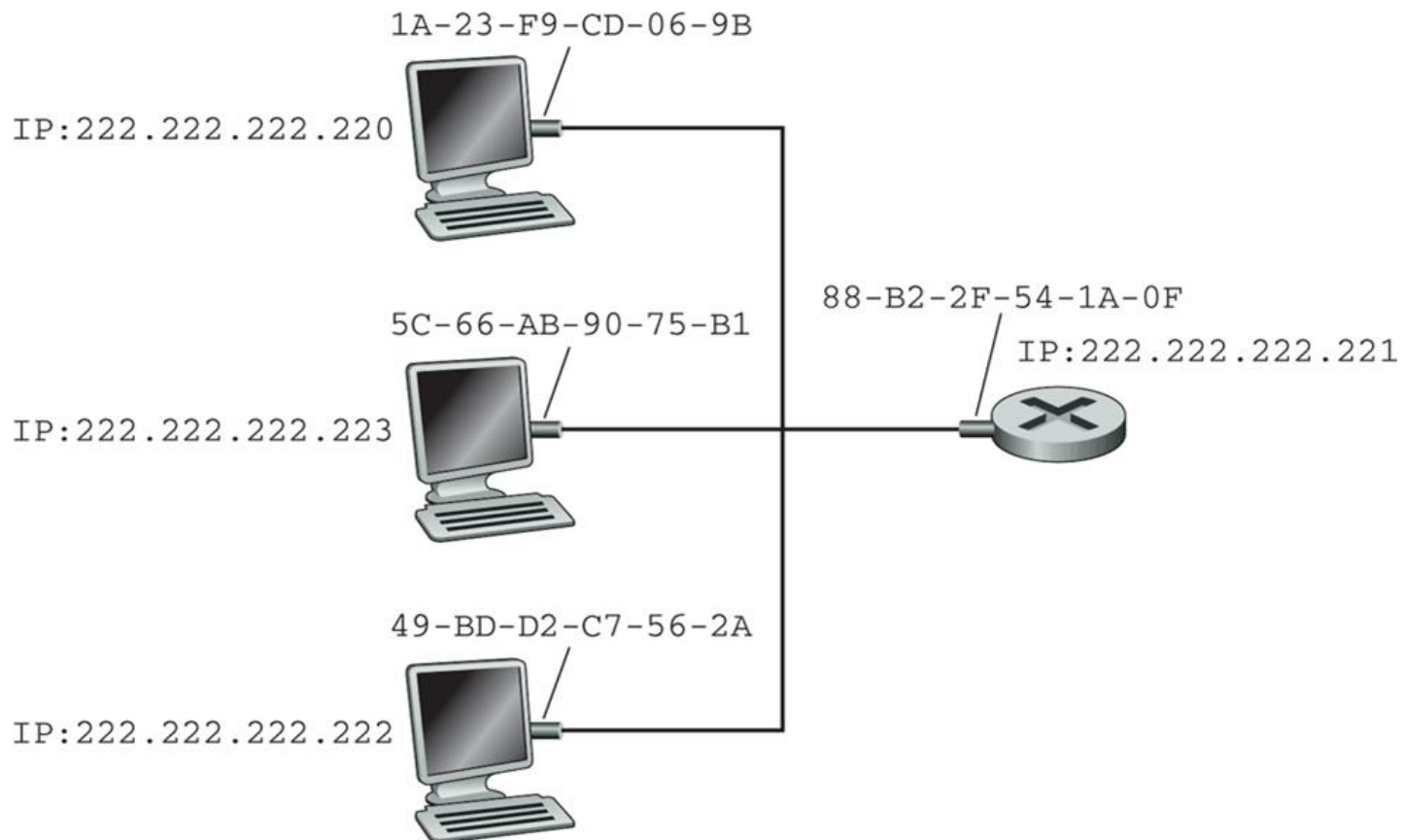
Cada adaptador conectado a la LAN tiene una dirección única





Direcciones LAN y ARP

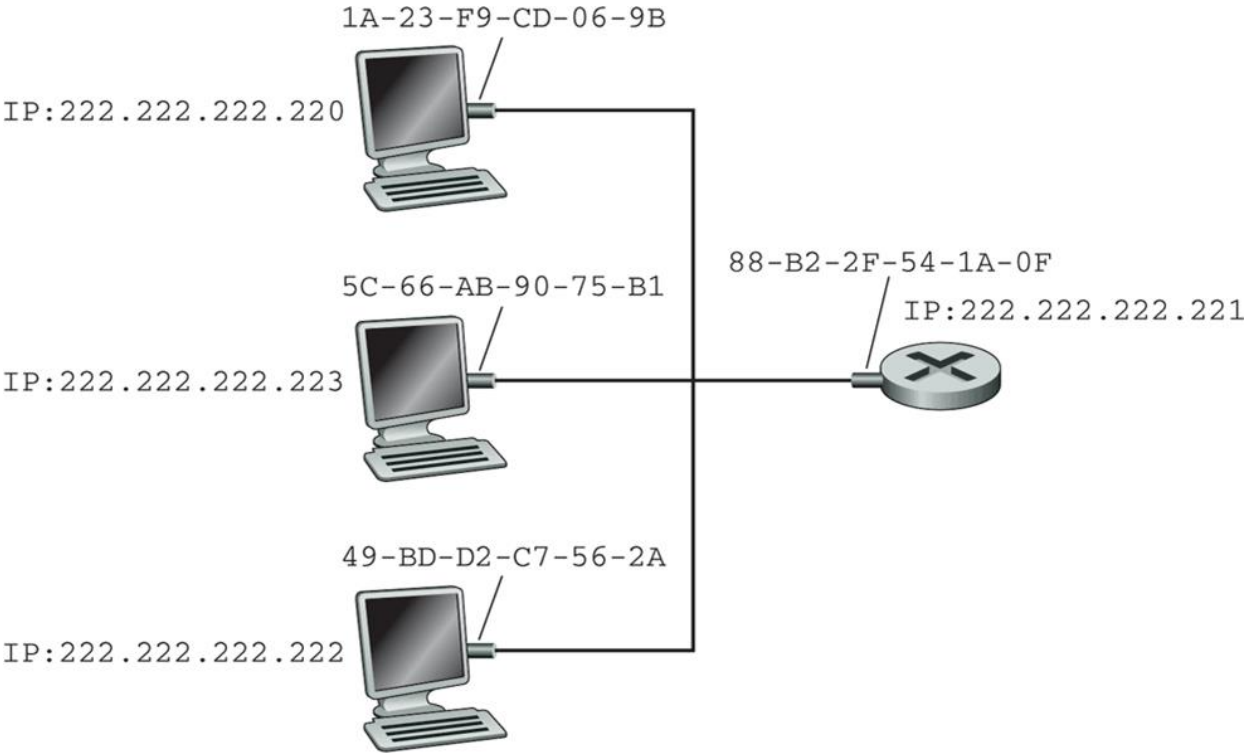
Cada adaptador conectado a la LAN tiene una dirección única y una dirección IP





Direcciones LAN y ARP

ARP Table para el nodo
222.222.222.220

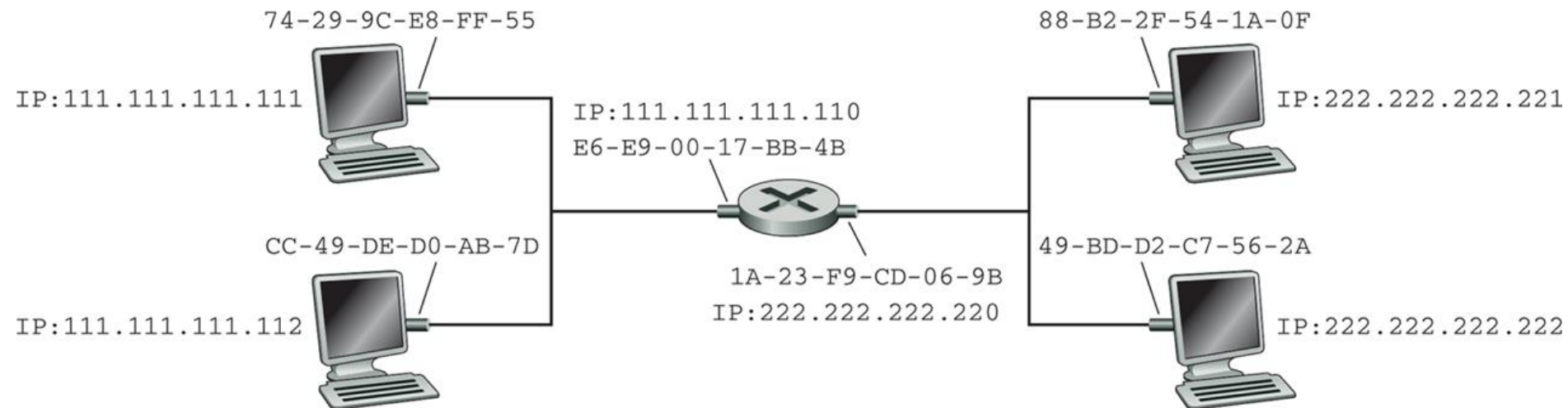


IP Address	MAC Address	TTL
222.222.222.221	88-B2-2F-54-1A-0F	13:45:00
222.222.222.223	5C-66-AB-90-75-B1	13:52:00



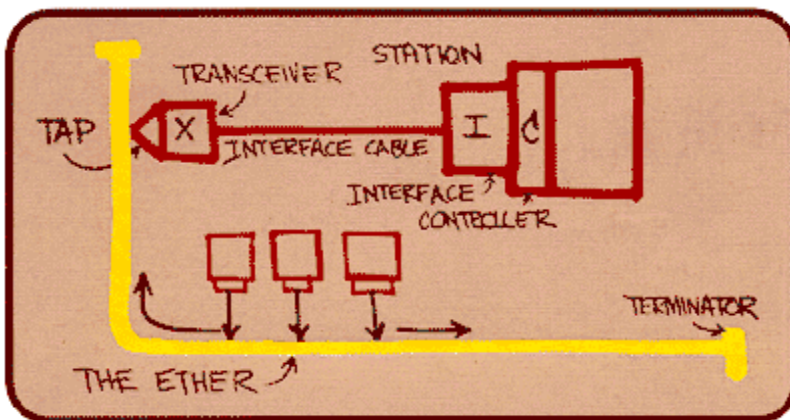
Direcciones LAN y ARP

Analizar que ocurre en la comunicación entre LAN



Ethernet

1. Fue la primera LAN de alta velocidad desplegada ampliamente, posibilitando a los administradores familiarizarse con sus maravillas y rarezas.
2. Token ring, FDDI y ATM eran mas complejas y costosas que Ethernet.
3. La razón mas determinante para cambiar a otra tecnología LAN era normalmente la elevada tasa de datos de la nueva tecnología. Ethernet siempre se defendió produciendo versiones que trabajaban a tasas iguales o mas elevadas.

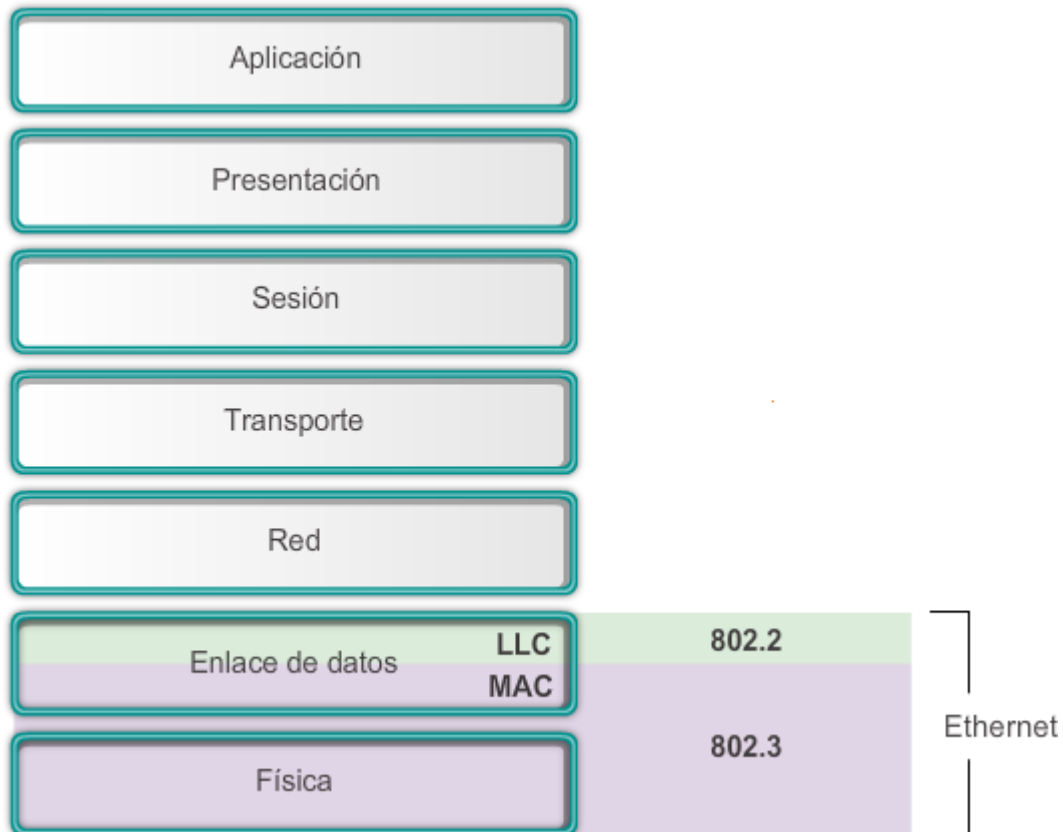


Diseño original de Bob Metcalfe a mediados de los '70. Corría a 2,94 Mbps y unía hasta 256 host separados por hasta una milla.



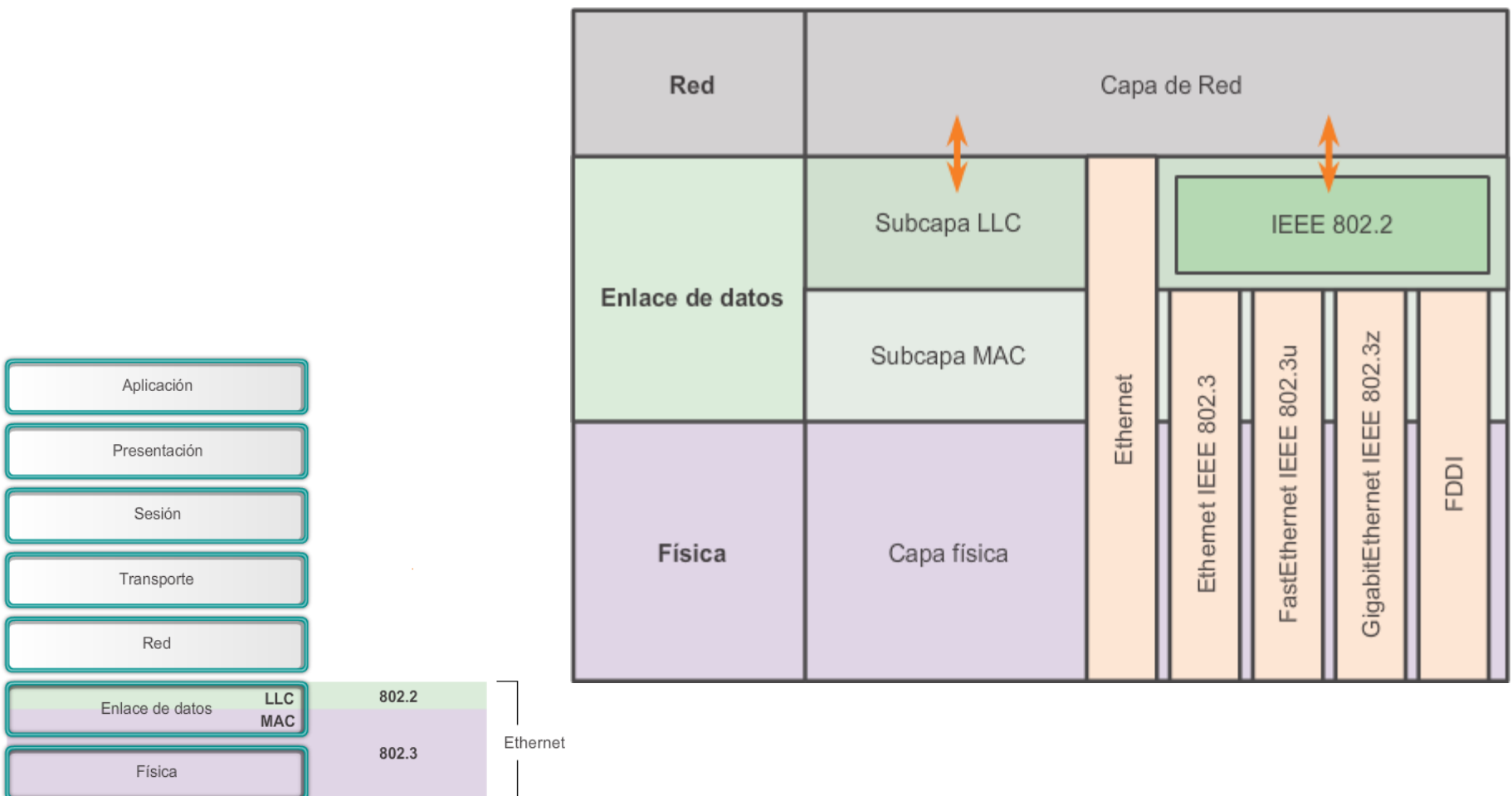
Ethernet

Se define mediante protocolos de capa física y de enlace.



Ethernet

Se define mediante protocolos de capa física y de enlace.



Ethernet

La subcapa MAC de Ethernet tiene dos responsabilidades principales:

Encapsulación de datos

- Delimitación de tramas
- Direccionamiento
- Detección de errores

Control de acceso al medio

- Control de la ubicación y la remoción de tramas en los medios
- Recuperación de medios

Capa de Enlace de datos	Subcapa de control de enlace lógico							
	802.3: Control de acceso al medio							
Capa física	Subcapa de señalización física							
	Medio físico	10BASE-5 (500 m) 50 Ohm Coaxial tipo N	10BASE-2 (185 m) 50 Ohm Coaxial BNC	10BASE-T (100 m) 100 Ohm UTP RJ-45	100BASE-TX (100 m) 100 Ohm UTP RJ-45	1000BASE-CX (25 m) 150 Ohm STP mini-DB-9	1000BASE-T (100 m) 100 Ohm UTP RJ-45	SC de fibra MM 1000BASE-ST (220 a 550 m) o SM 1000BASE-LX (550 a 5000 m)

Frame Ethernet

Un servicio sin conexión no fiable: Todas las tecnologías Ethernet proporcionan un servicio no fiable a la capa de red lo que ayuda a que el protocolo sea simple y barato.

Transmisión en banda base y codificación Manchester: El adaptador envía una señal digital directamente al canal de difusión y la tarjeta de la interfaz no desplaza la señal a otra banda de frecuencia, como se hace con ADSL y cable modem.

IEEE 802.3

8 bytes	6 bytes	6 bytes	2b	46 .. 1500 bytes	4 bytes
preámbulo	dirección de destino	dirección de origen	tipo	datos	CRC

Ethernet y CSMA/CD

Mecanismos empleados

1. Un adaptador puede comenzar a transmitir en cualquier instante. No utiliza franja temporales.
2. Un adaptador nunca transmite un frame cuando detecta que algún otro adaptador está transmitiendo. Utiliza detección de portadora.
3. Un adaptador transmisor aborta su transmisión tan pronto como detecta que otro adaptador también está transmitiendo. Utiliza detección de colisión.
4. Antes de intentar una retransmisión, un adaptador espera un tiempo aleatorio típicamente pequeño comparado con el tiempo de transmisión de un frame.

Cada adaptador ejecuta el protocolo CSMA/CD sin coordinación explícita con otros adaptadores Ethernet.



Ethernet y CSMA/CD

Funcionamiento del protocolo en un adaptador

1. Obtener PDU de la capa de red, preparar un frame Eth y ponerlo en un búfer del adaptador.
2. Si el canal está vacío comenzar transmisión. Si el canal está ocupado, esperar hasta no detectar energía en el canal y luego comenzar a transmitir.
3. Monitorear energía de otros canales mientras se está transmitiendo.
4. Si no se detecta presencia, continuar transmisión hasta finalizar envío del frame.
5. Si se detecta presencia de energía, detener transmisión de frame y transmitir una señal de atascamiento (jam) de 48 bits.
6. Entrar en fase de backoff exponencial. Esperar un tiempo aleatorio y volver a [2].

Tecnologías Ethernet

Estas tecnologías están estandarizadas por los grupos de trabajo de IEEE 802.3, por lo que a menudo una LAN Ethernet se la denomina LAN 802.3

IEEE 802.3an 10G BASE-T, par trenzado (TP) – 2006

IEEE 802.3ae 10G BASE-xx, por fibra óptica (varios estándares) - 2002

IEEE 802.3ab 1000 BASE-T, Gigabit Ethernet por par trenzado – 1999.

IEEE 802.3z 1000 BASE-X, Gigabit Ethernet por fibra óptica – 1998.

IEEE 802.3u 100 BASE-xx, FastEthernet de 100 Mb/s por par trenzado (TP) y FO (varios estándares) – 1995.

IEEE 802.3j, 10 Base-F, Ethernet de 10 Mb/s por par trenzado (TP) – 1993.

IEEE 802.3i, 10 Base-T, Ethernet de 10 Mb/s por par trenzado (TP) – 1990.

...

...

Ethernet, Dr.Robert Metcalf de Xerox Corp. Inventa Ethernet – 1973.

Segmentación de LAN

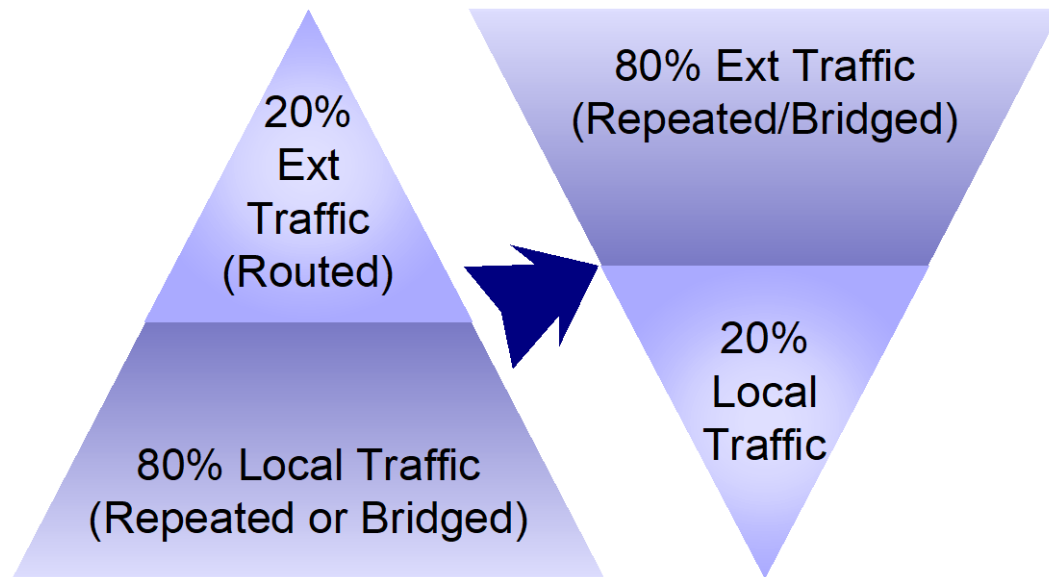
¿ Estamos trabajando con el BW adecuado ?

- Mas usuarios
- Mas servidores de archivos, impresión y aplicaciones
- Mas sucursales en línea
- Mas demanda de aplicaciones Client/Server
- Mas eMail, redes sociales, WhatsApp
- Mas bases de datos en línea
- Nichos de aplicaciones por todos lados
- Mas groupware
- Mas necesidad de backup de datos



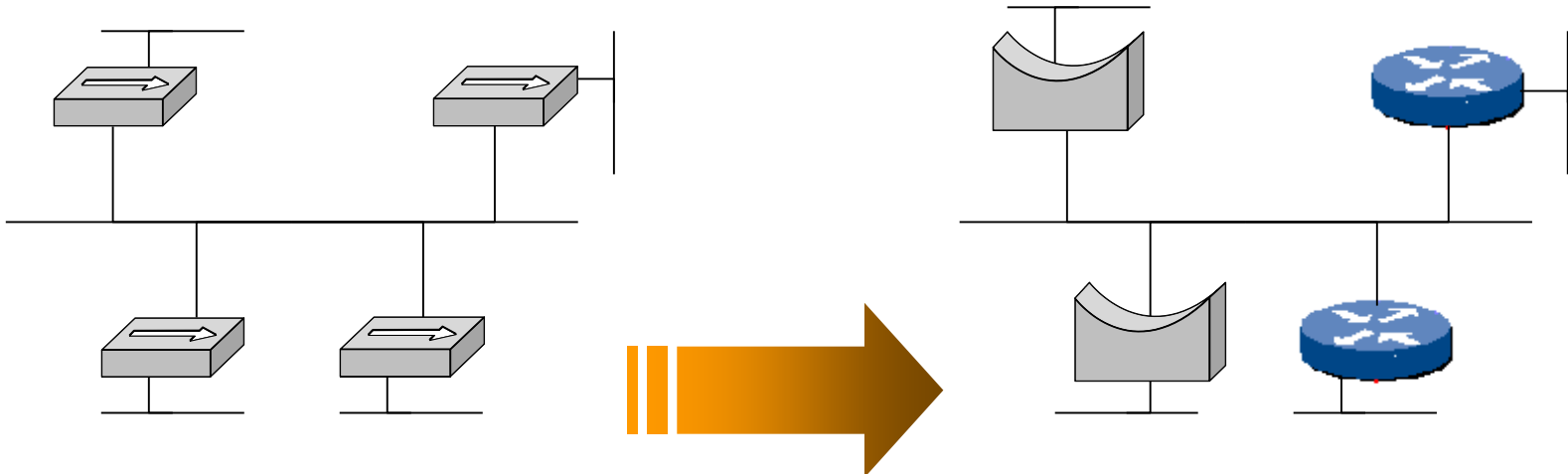
Segmentación de LAN

Se modificó absolutamente el patrón de tráfico...!!



¿ Por qué segmentar la LAN ?

- Aumentar el número de usuarios
- Disponer de mayor ancho de banda
- Ajustar el presupuesto y la seguridad
- Para ayer..!!!

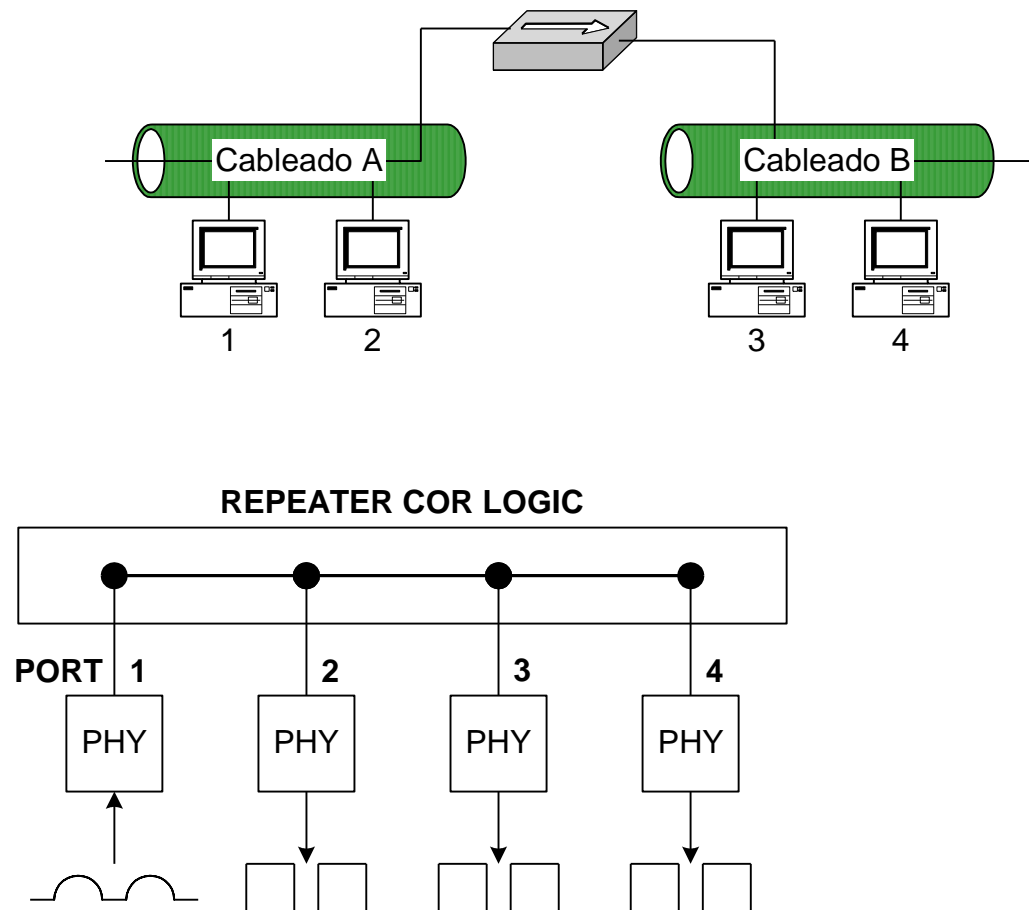




¿ Qué usamos para segmentar ?



Segmentación con repeaters

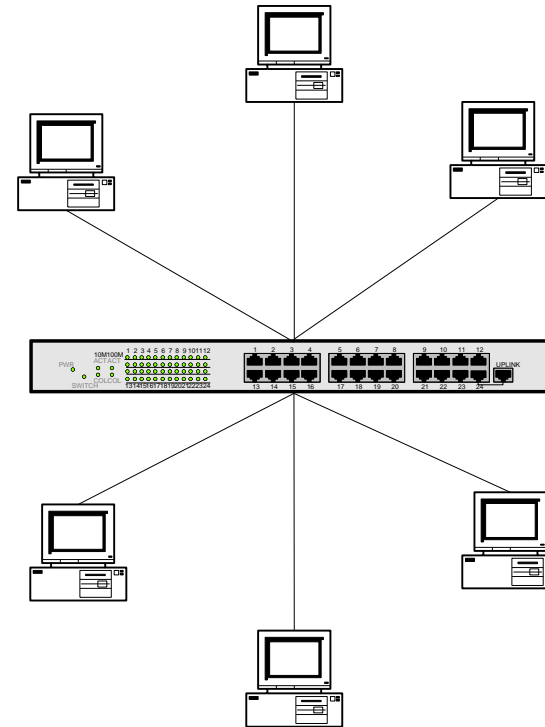


Recibe secuencia de datos
en puerto X

Retransmite la secuencia
de datos en todos los
puertos, salvo el X

Segmentación con repeaters

- Regeneran la señal
- Crean nuevos preámbulos
- Aseguran la difusión de colisiones

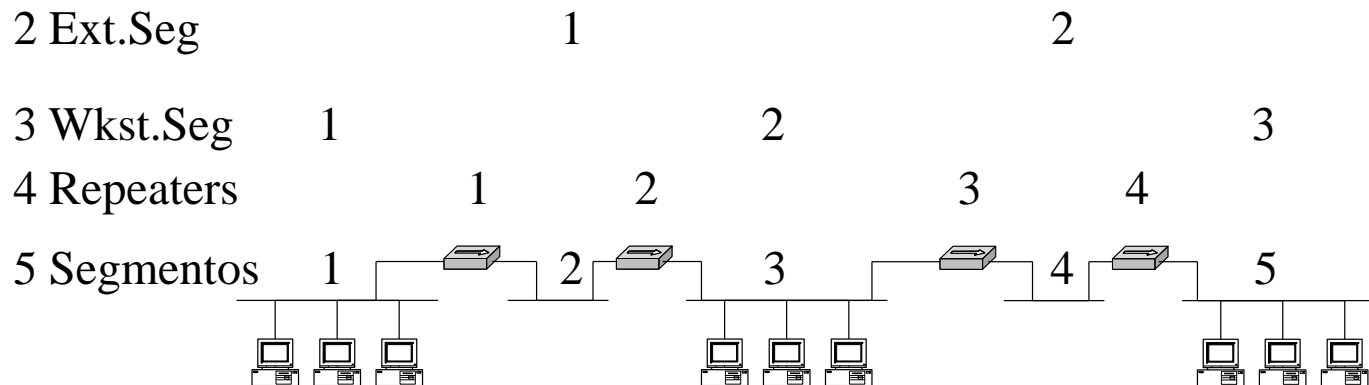




Segmentación con repeaters

Limitaciones en el uso:

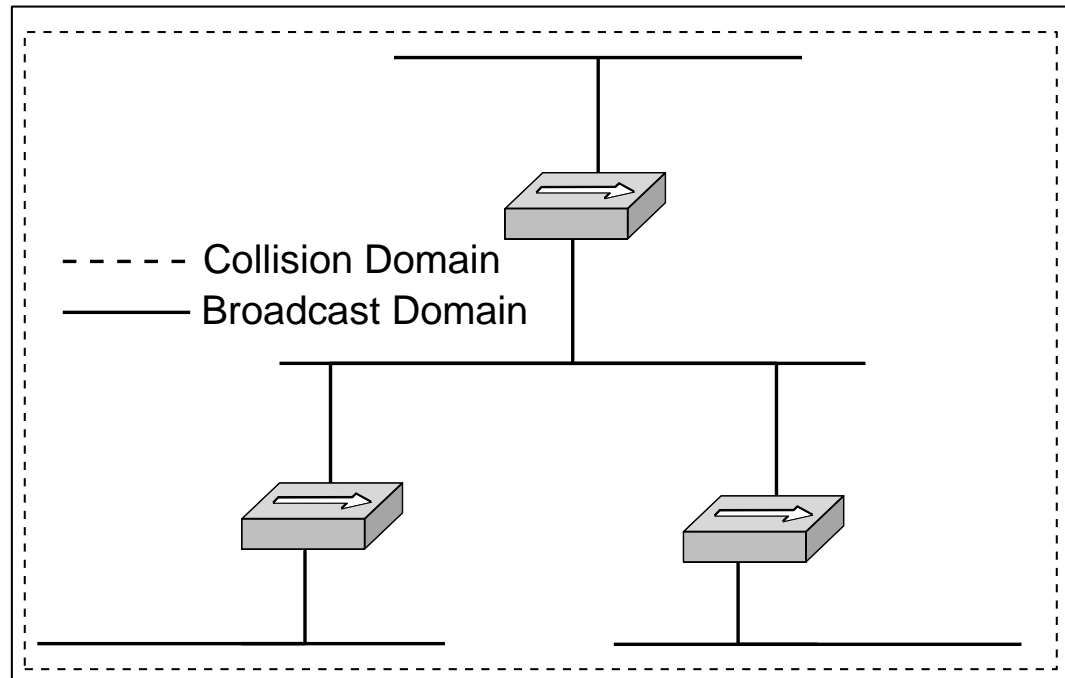
- Ancho de banda compartido
- Número de host por segmento
- Distancia extremo a extremo de la red





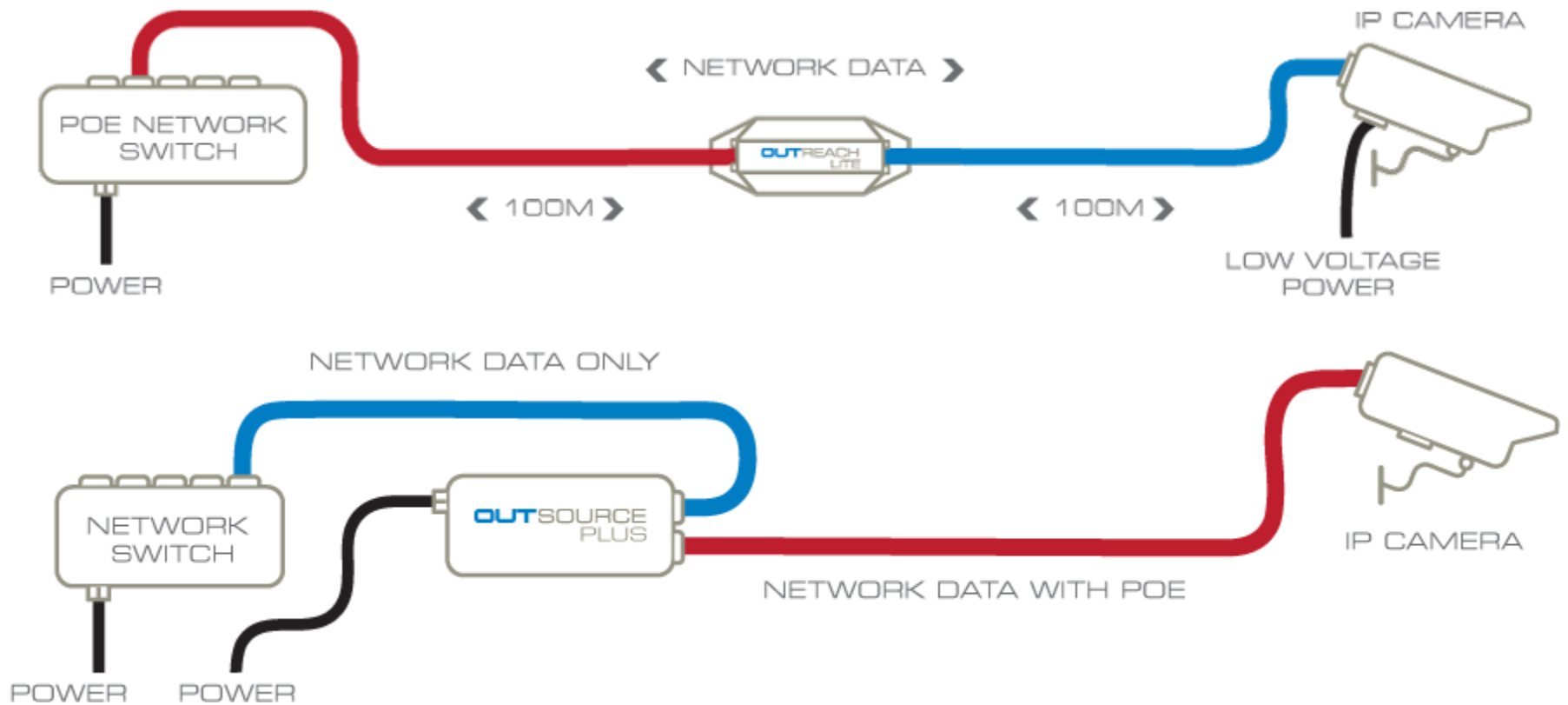
Segmentación con repeaters

Dominios de colisión y de broadcast





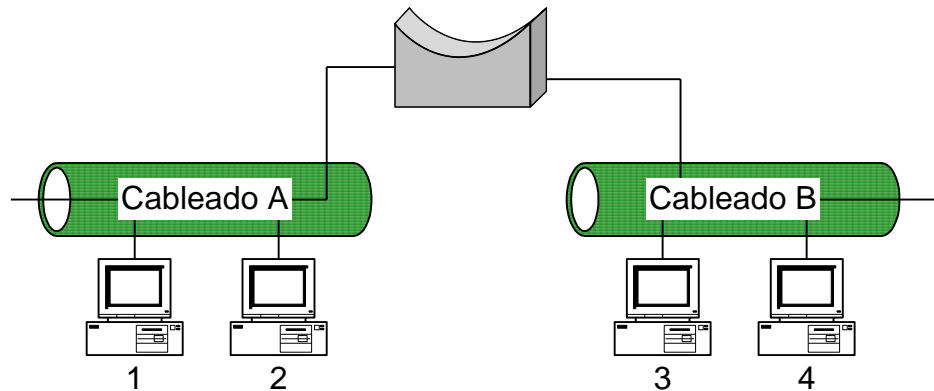
¿ Se utilizan ?



Segmentación con bridges

Beneficios

- Mayor disponibilidad de ancho de banda
- Mayor número de host por segmento
- Mayor distancia extremo a extremo de la red



Segmentación con bridges

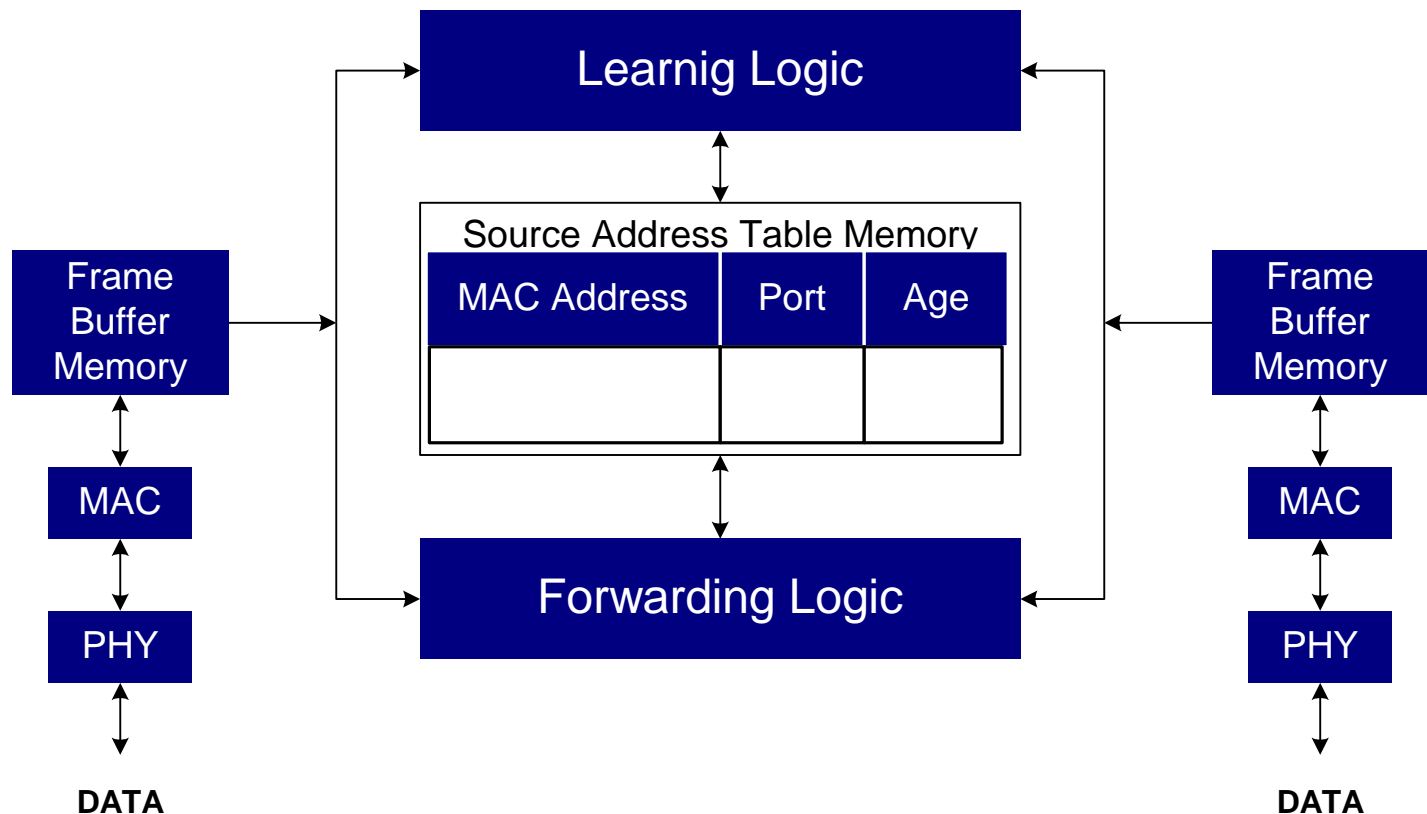
Cuadro comparativo

Device Parameter	REPEATER	BRIDGE
OSI Layer	1/PHY	2/MAC
Number of hops	Five	Unlimited
Look at frames	NO, only regenerates entire frame	YES, look at individual address of every frame
Invisible device	YES	NO
Port-port latency	< 1mS	50-1500 bit times
Propagate errors	YES	NO
Network design	Extends collision	Extend broadcast domain and divides collision domain
Principal use	Enlarges an existing NET	Connect different NET

Segmentación con bridges

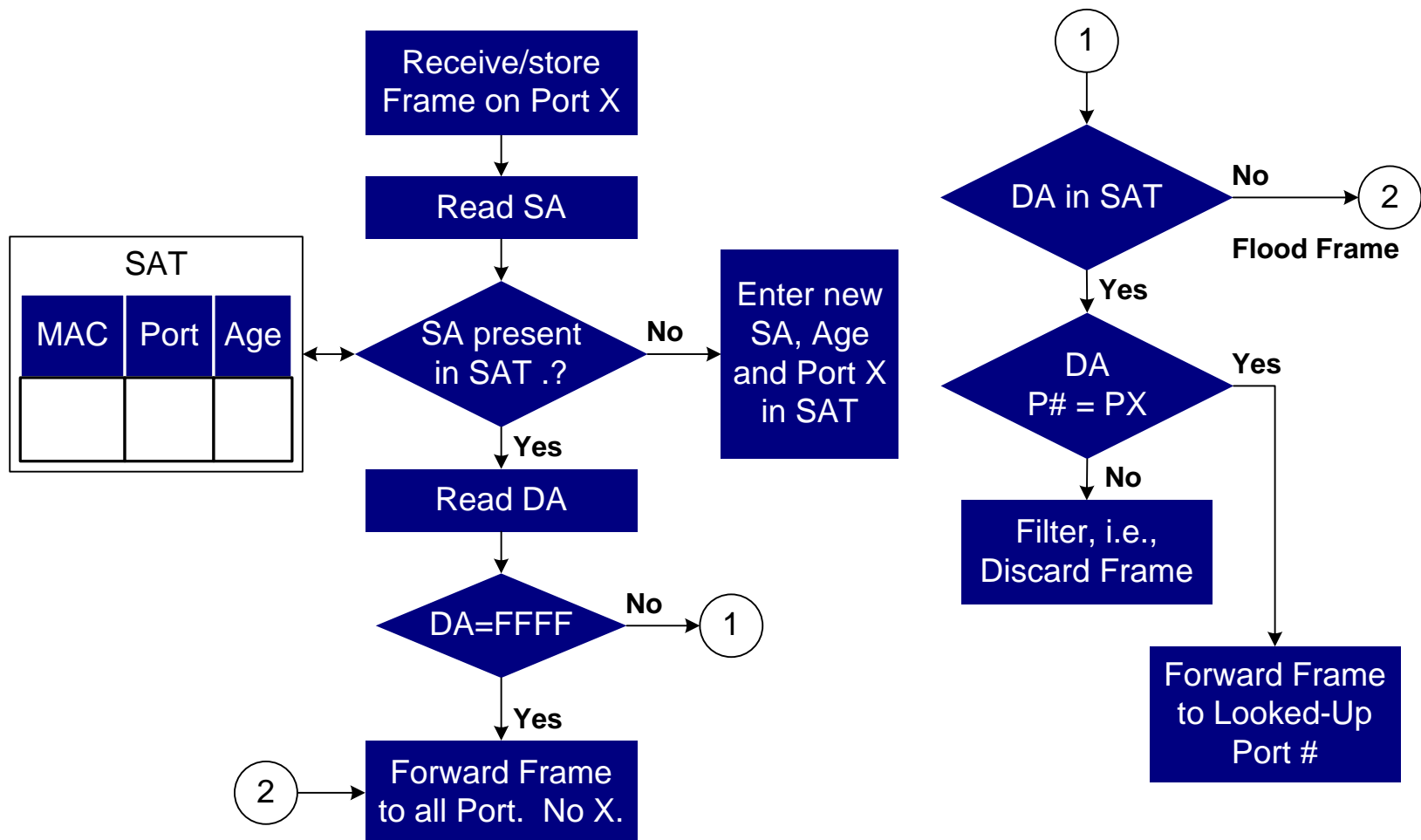
Diagrama en bloques de un “transparent bridging”

1. Learning
2. Flooding
3. Filtering
4. Forwarding
5. Aging



Segmentación con bridges

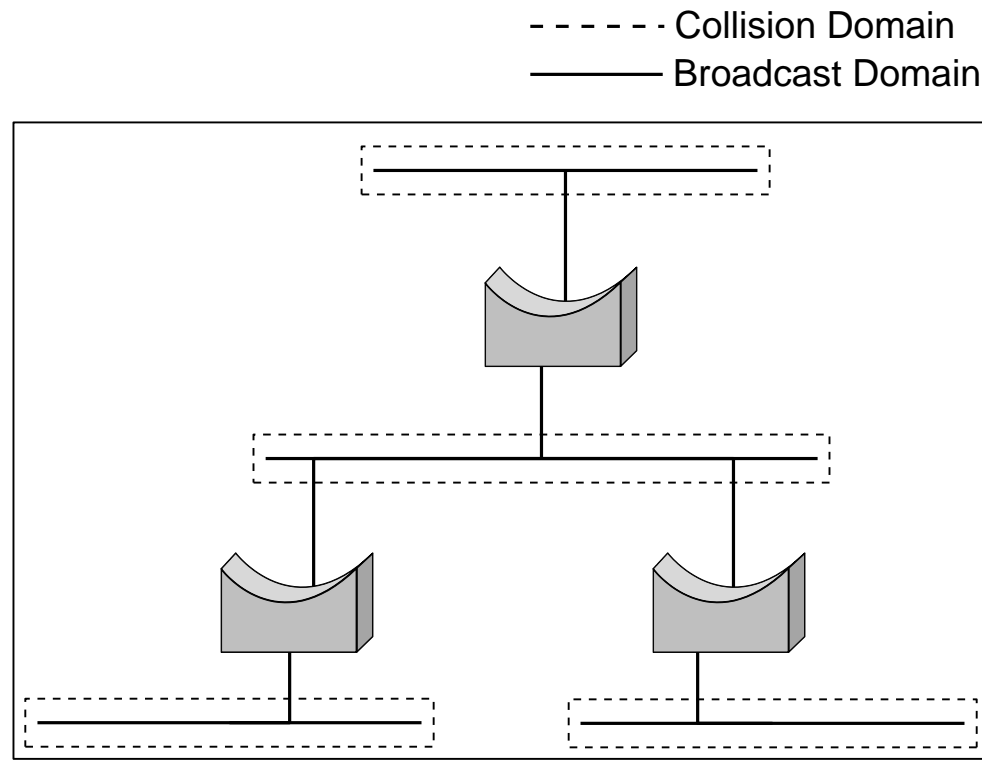
Diagrama de flujo de su funcionamiento





Segmentación con bridges

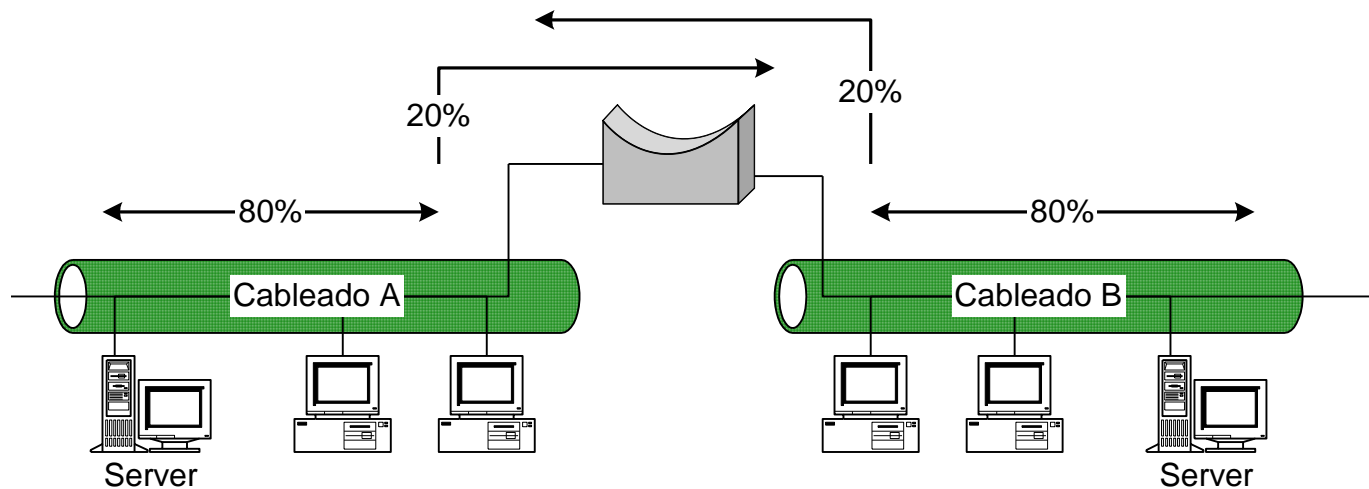
Dominios de colisión y de broadcast





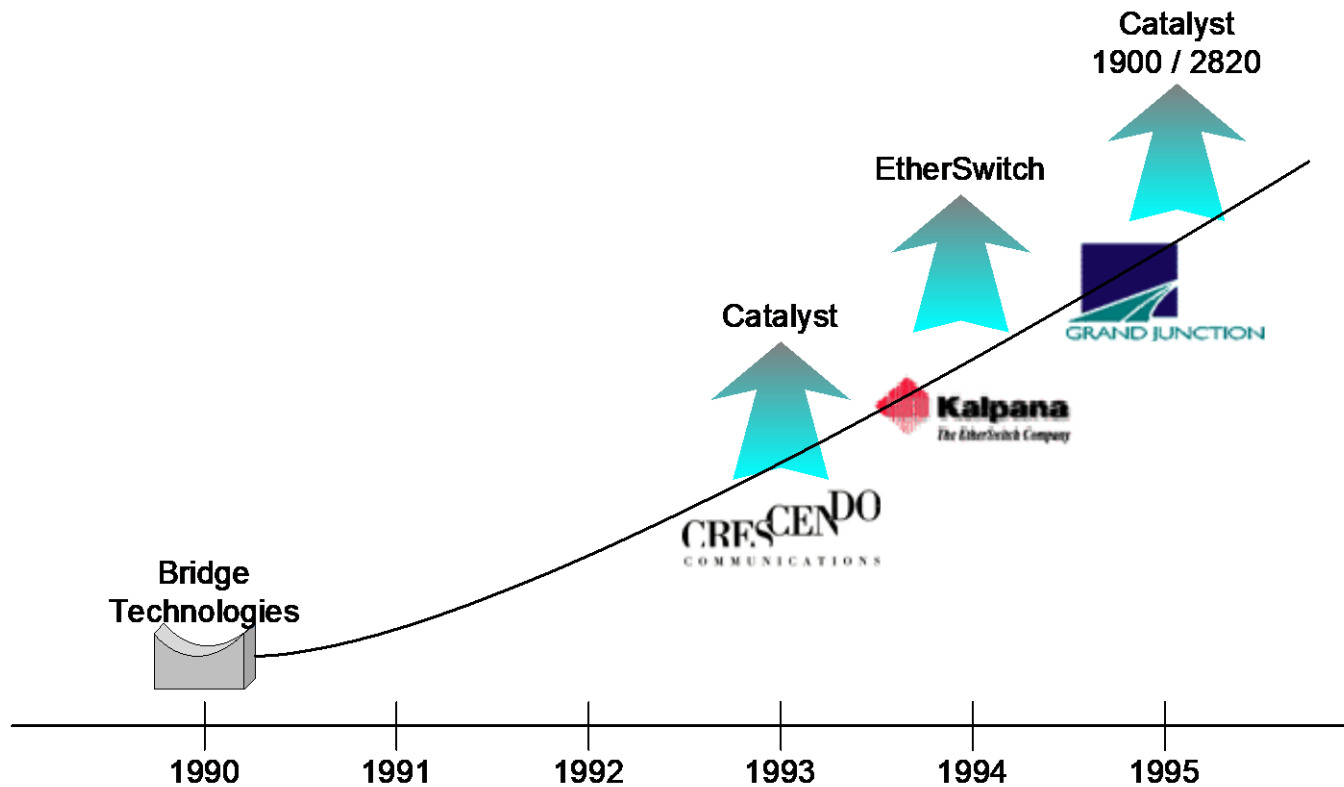
Segmentación con bridges

Criterios de diseño



Segmentación con switches

<[Lista de compras](#)>





Segmentación con switches

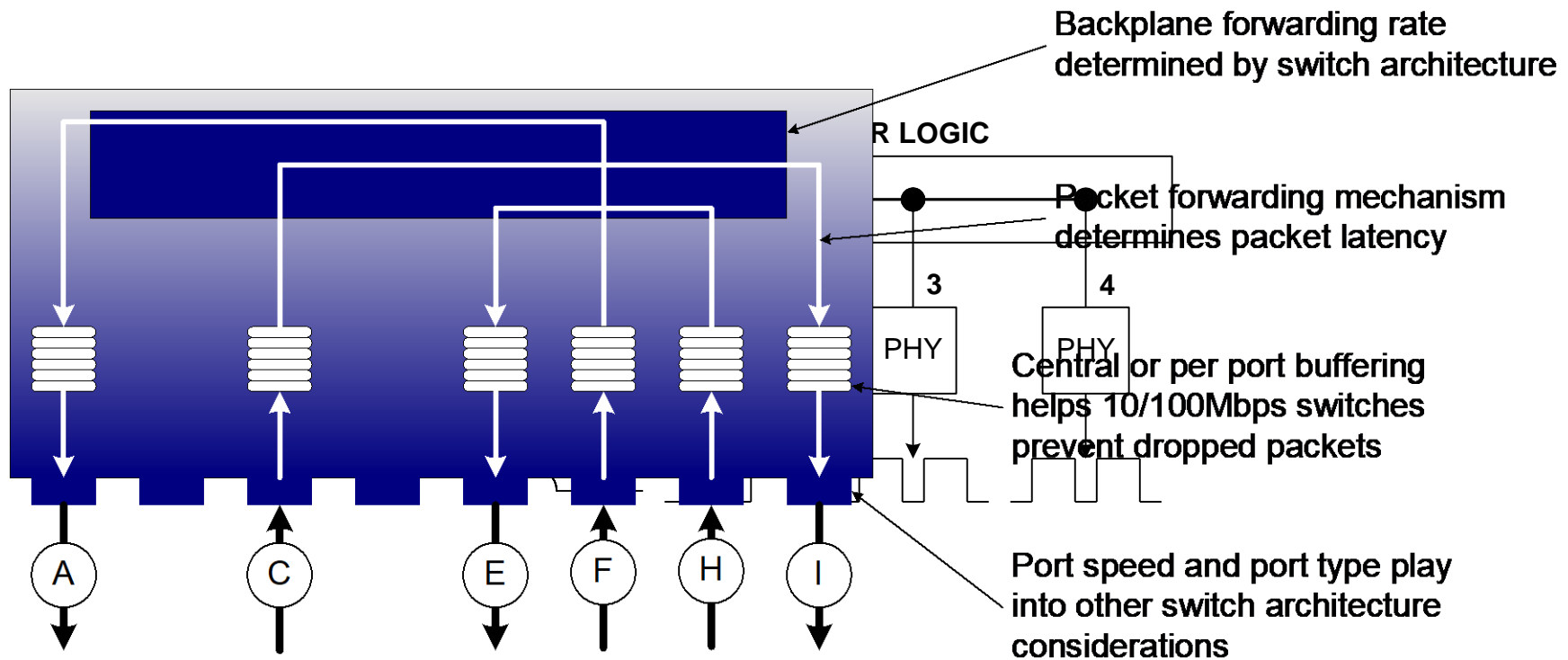
Bridge vs Switch

- Un switch conecta emisor y receptor en tiempo real.
- El corazón de un bridge es un microprocesador.
- Un switch es mas barato que un bridge.
- Un bridge analiza y “forward” sólo un frame por vez.
- Un switch tiene diferentes mecanismos de “forwarding”.
- Son básicamente para usos diferentes.



Segmentación con switches

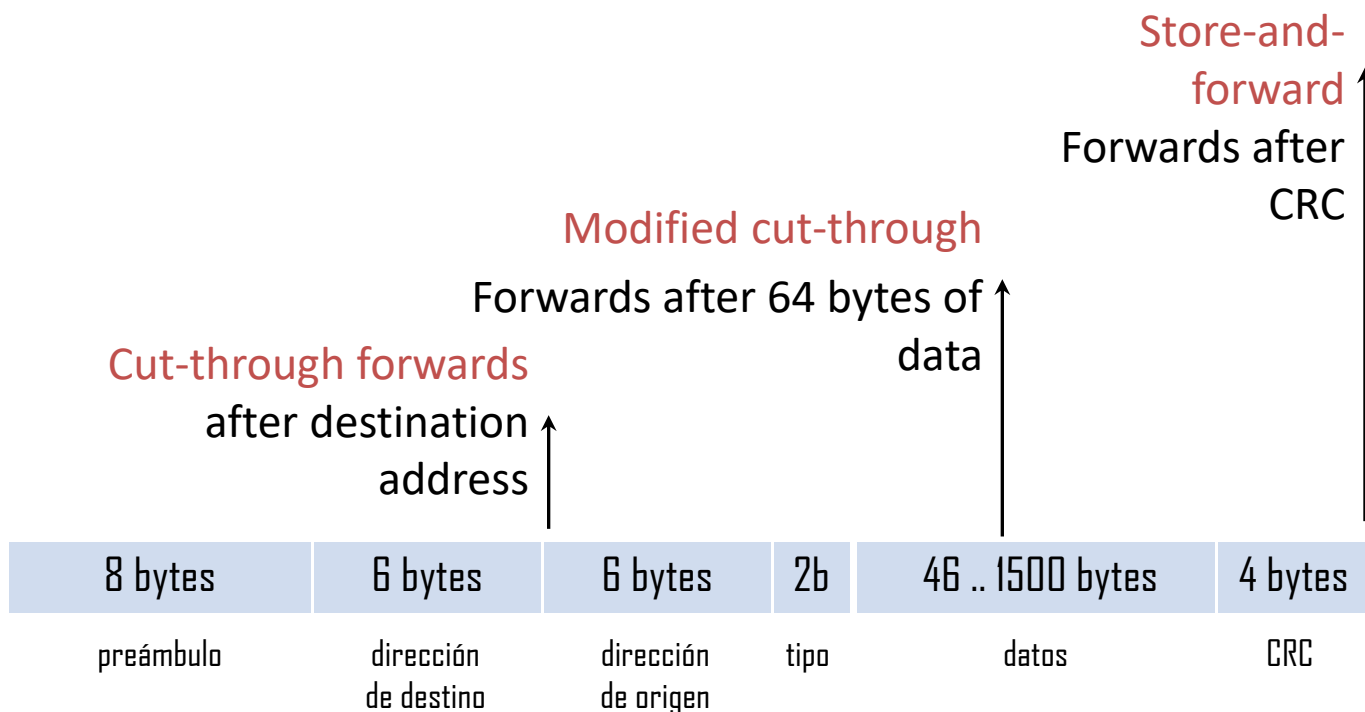
Arquitectura / Performance / Port Speed





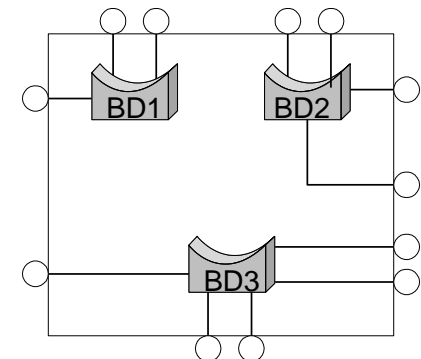
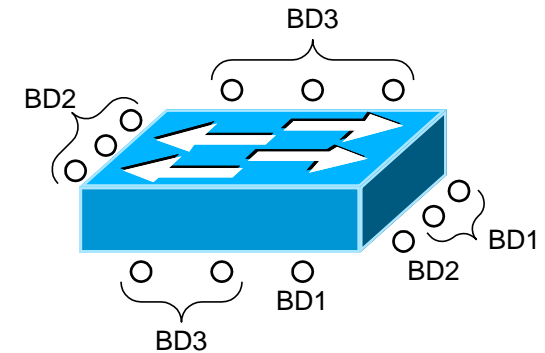
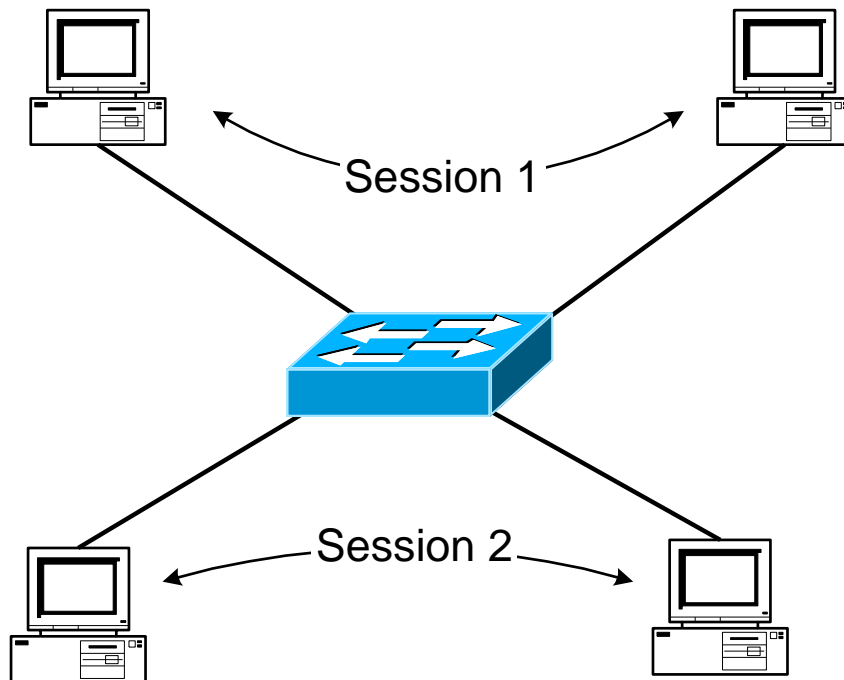
Segmentación con switches

Switch Forwarding Mechanisms



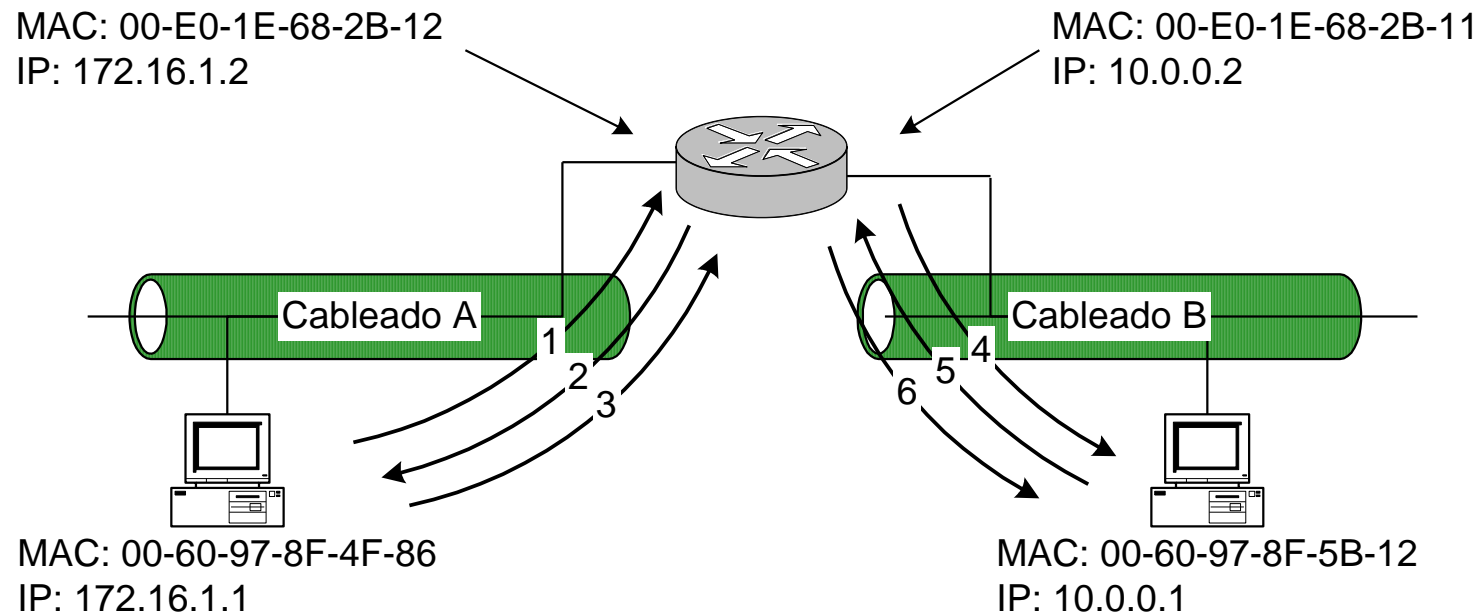
Segmentación con switches

¿ Qué permite exactamente una LAN con switch ?





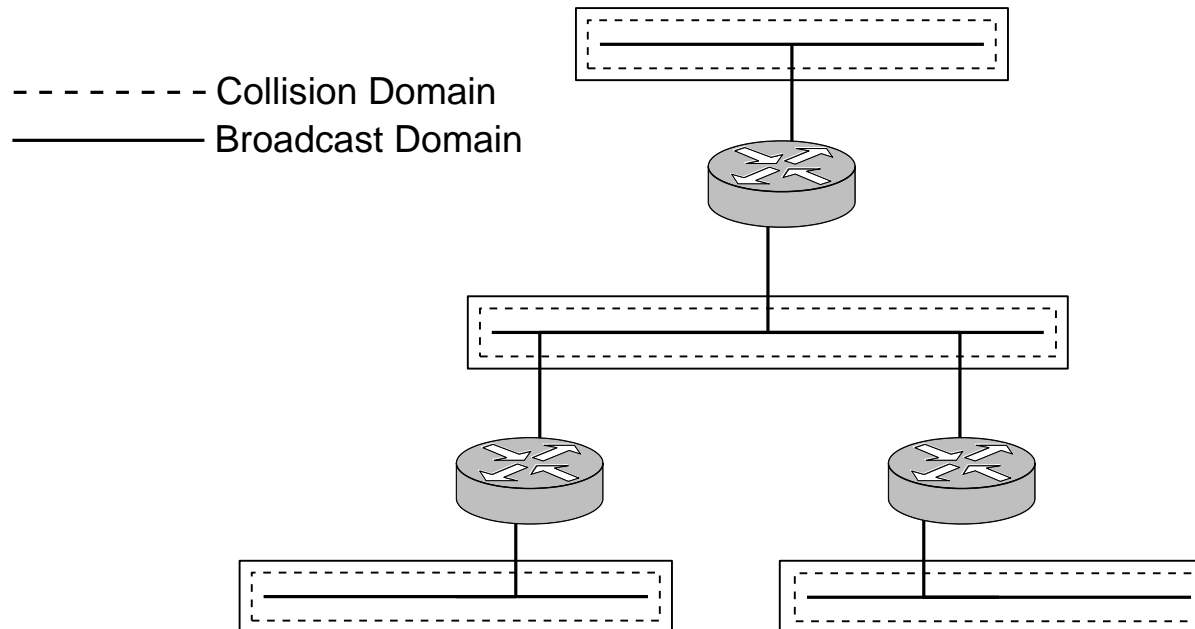
Segmentación con routers





Segmentación con routers

Dominios de colisión y de broadcast

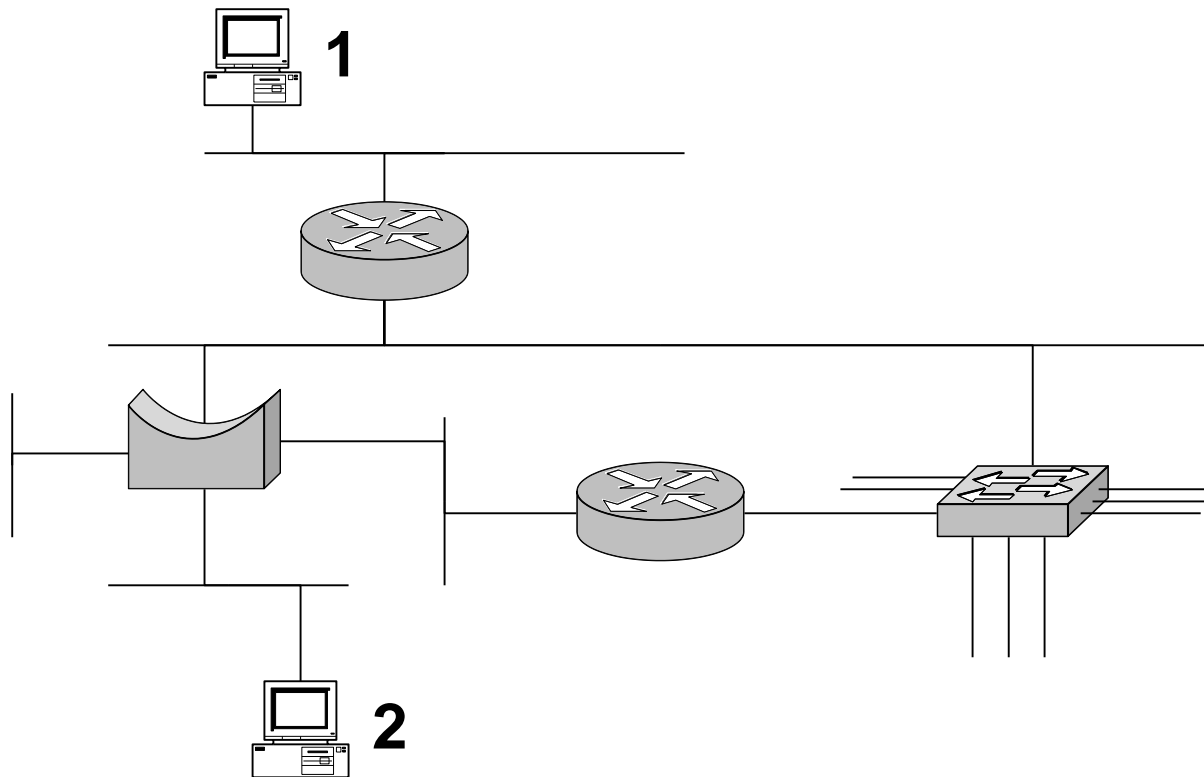




Analizar la red y responder

¿ Cuántos dominios de colisión y de broadcast se observan ?

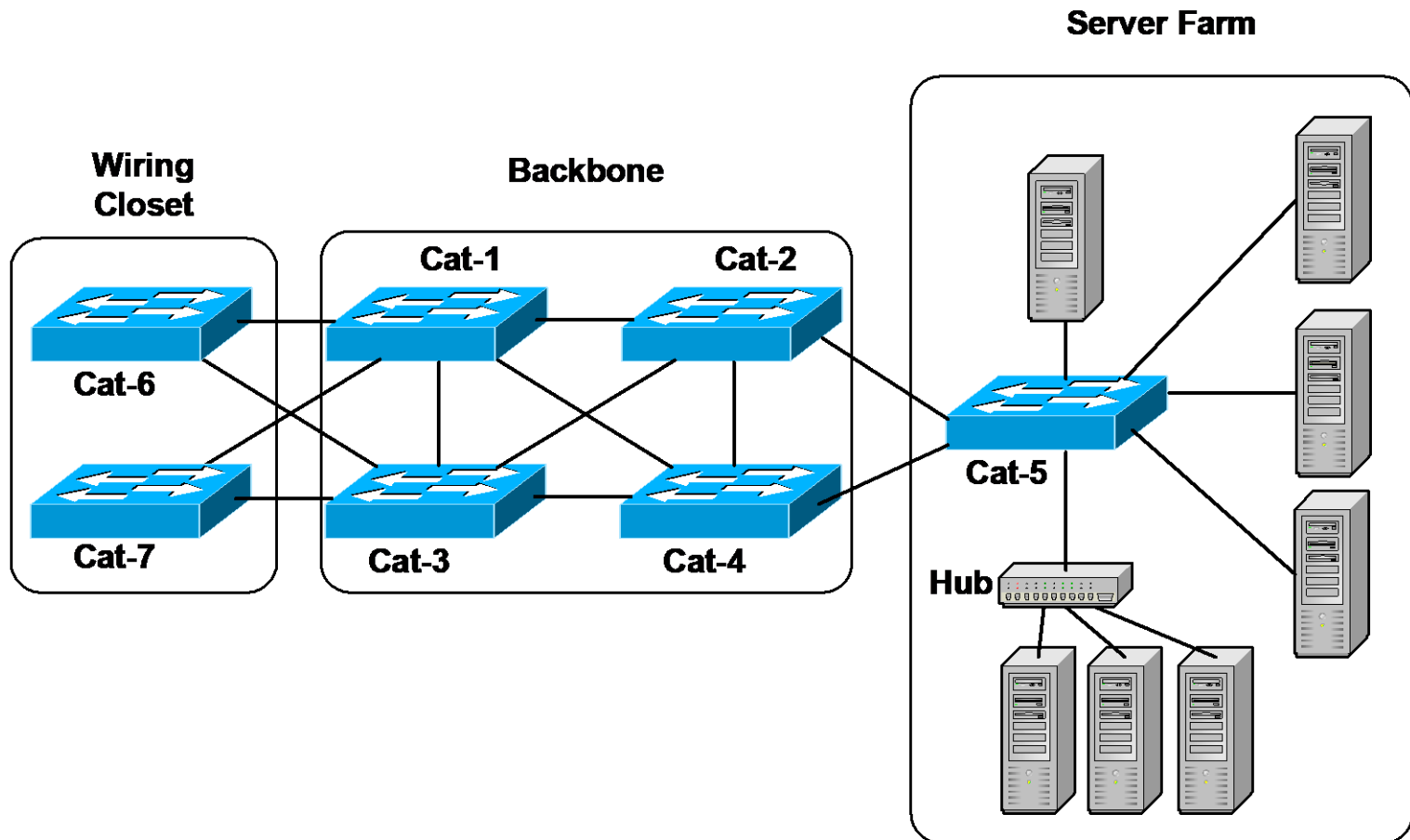
¿ Cuántos pares de direcciones de nivel 2 y 3 se usan para transmitir de 1 a 2 ?





Spanning Tree Protocol

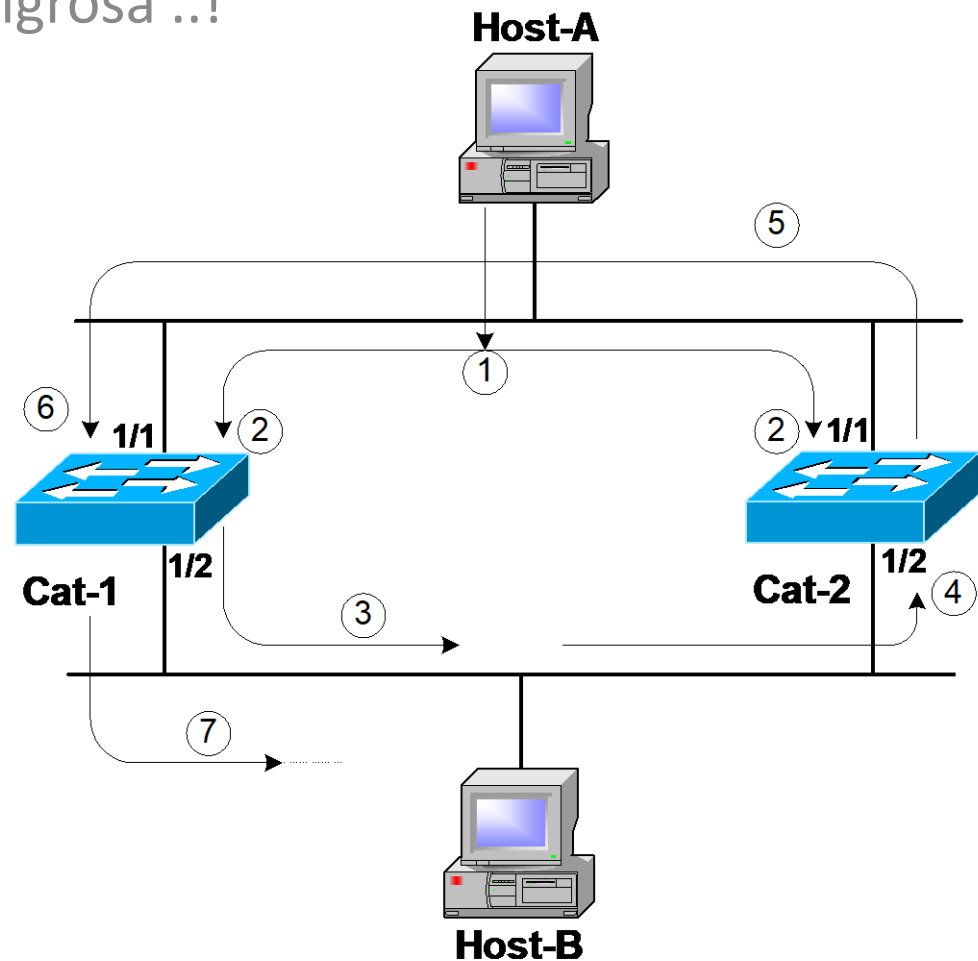
¿ Qué es y para qué sirve ?





Spanning Tree Protocol

Loops y Broadcast, una mezcla peligrosa ..!



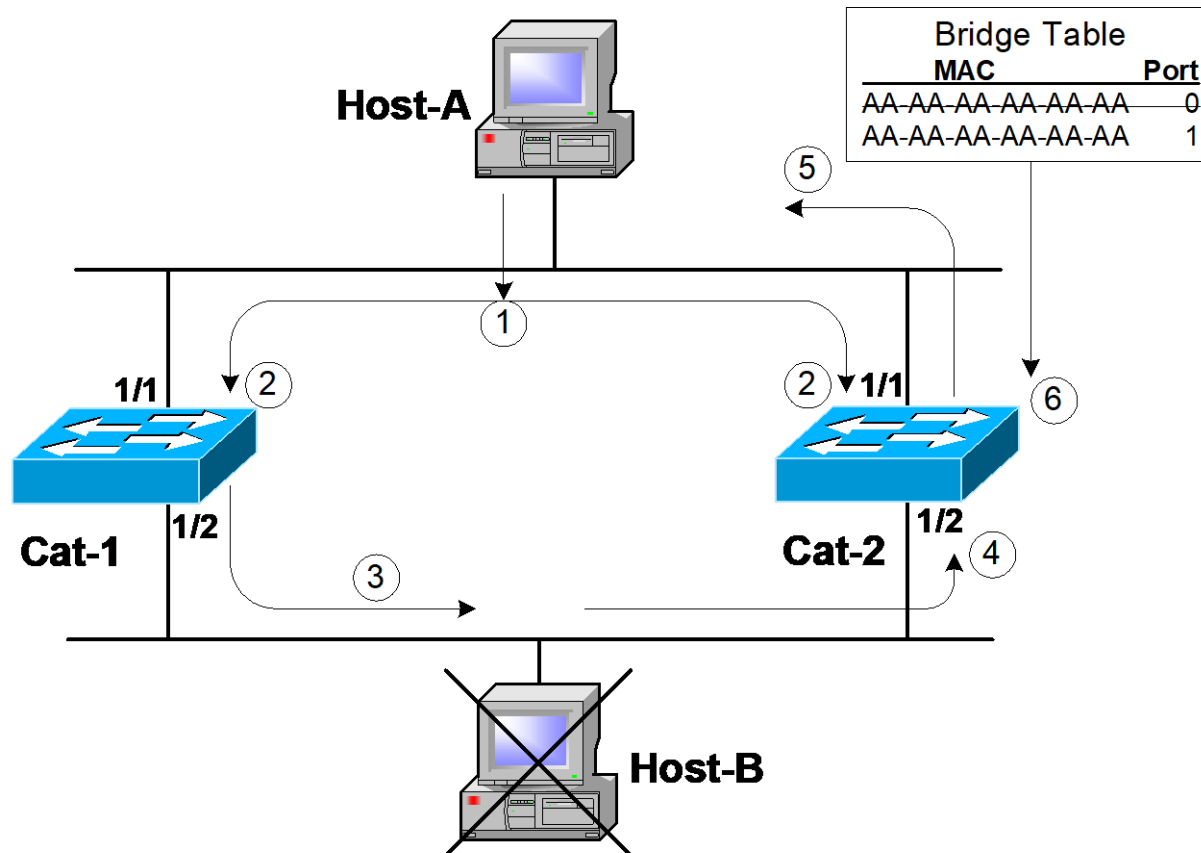
Loops de switching vs loops de routing.
¿Cuál de los dos es mas peligroso y por qué ?



Spanning Tree Protocol

Degradación de Bridge Table

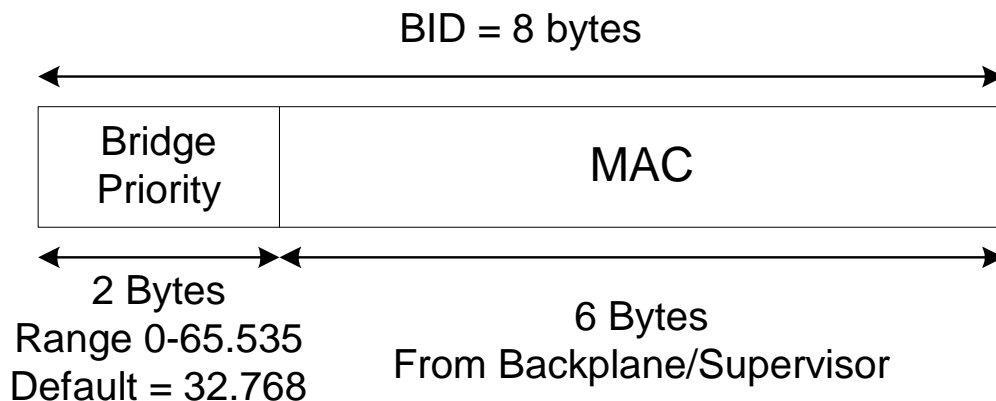
Analizar qué ocurre cuando el Host A desea enviar un mensaje al Host B.



Spanning Tree Protocol

Dos conceptos clave:

- Bridge ID (BID)
- Path cost (IEEE 802.1d)



BW	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



Spanning Tree Protocol

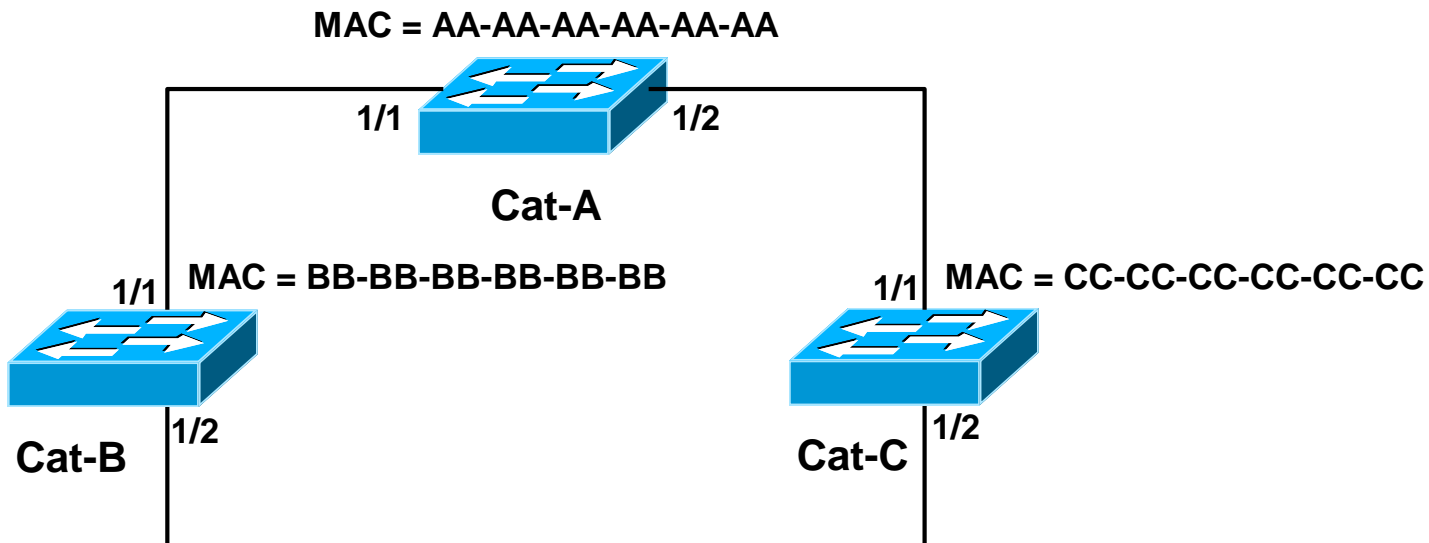
1. Secuencia para la toma de decisiones
 - Menor Root BID
 - Menor Path Cost al Root Bridge
 - Menor BID del emisor
 - Menor port ID
2. Los switches envían BPDU de configuración hasta que se recibe uno mas atractivo
3. Existen dos tipos de BPDU: de configuración y de Notificación de cambio de Topología



Spanning Tree Protocol

Los tres pasos de la convergencia inicial

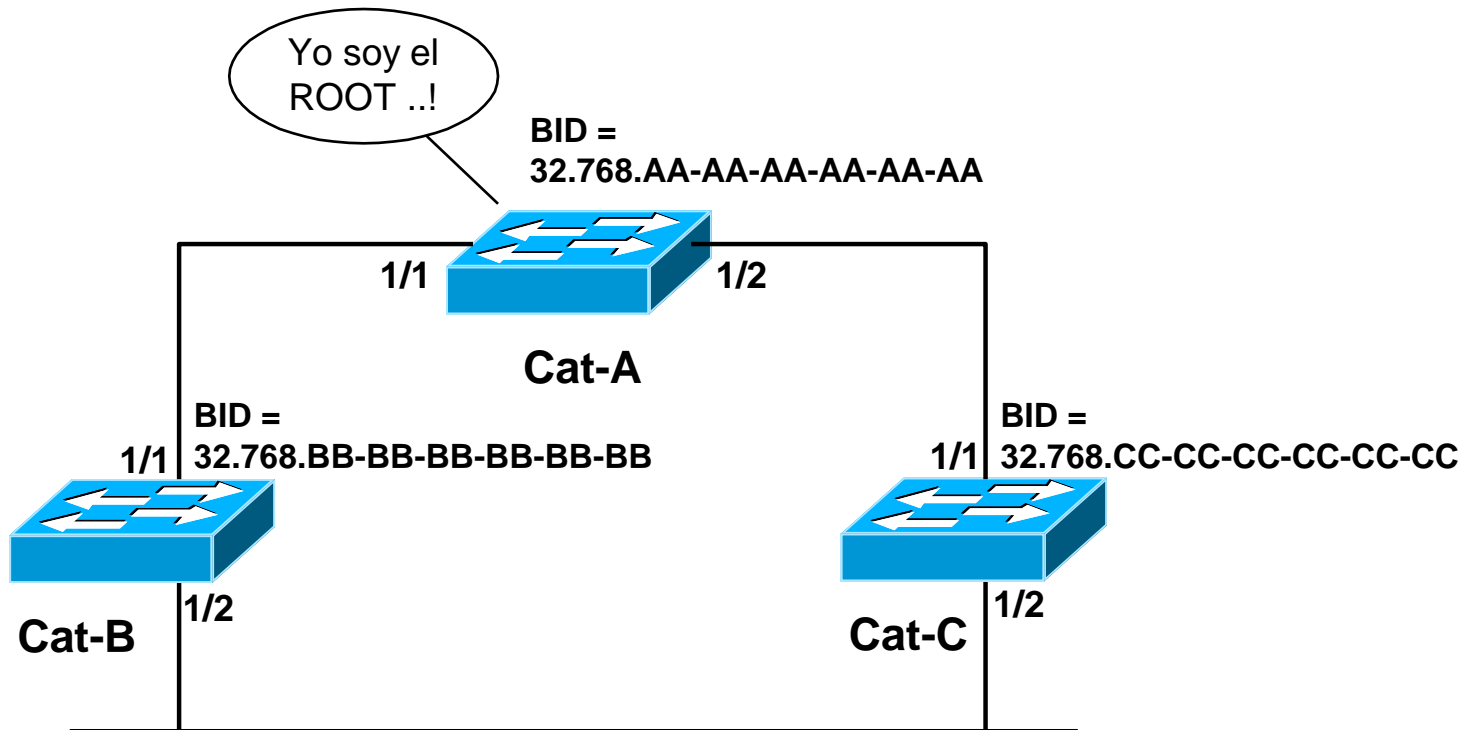
- Elegir un root bridge
- Elegir un root port
- Elegir un designated port





Spanning Tree Protocol

- Elegir un root bridge





Spanning Tree Protocol

Diseño elemental de un BPDU

Root BID

Quién es el Root Bridge ..?

Root Path Cost

Que tan lejos está el Root Bridge ..?

Sender BID

Cuál es el BID de switch que envía esta BPDU ..?

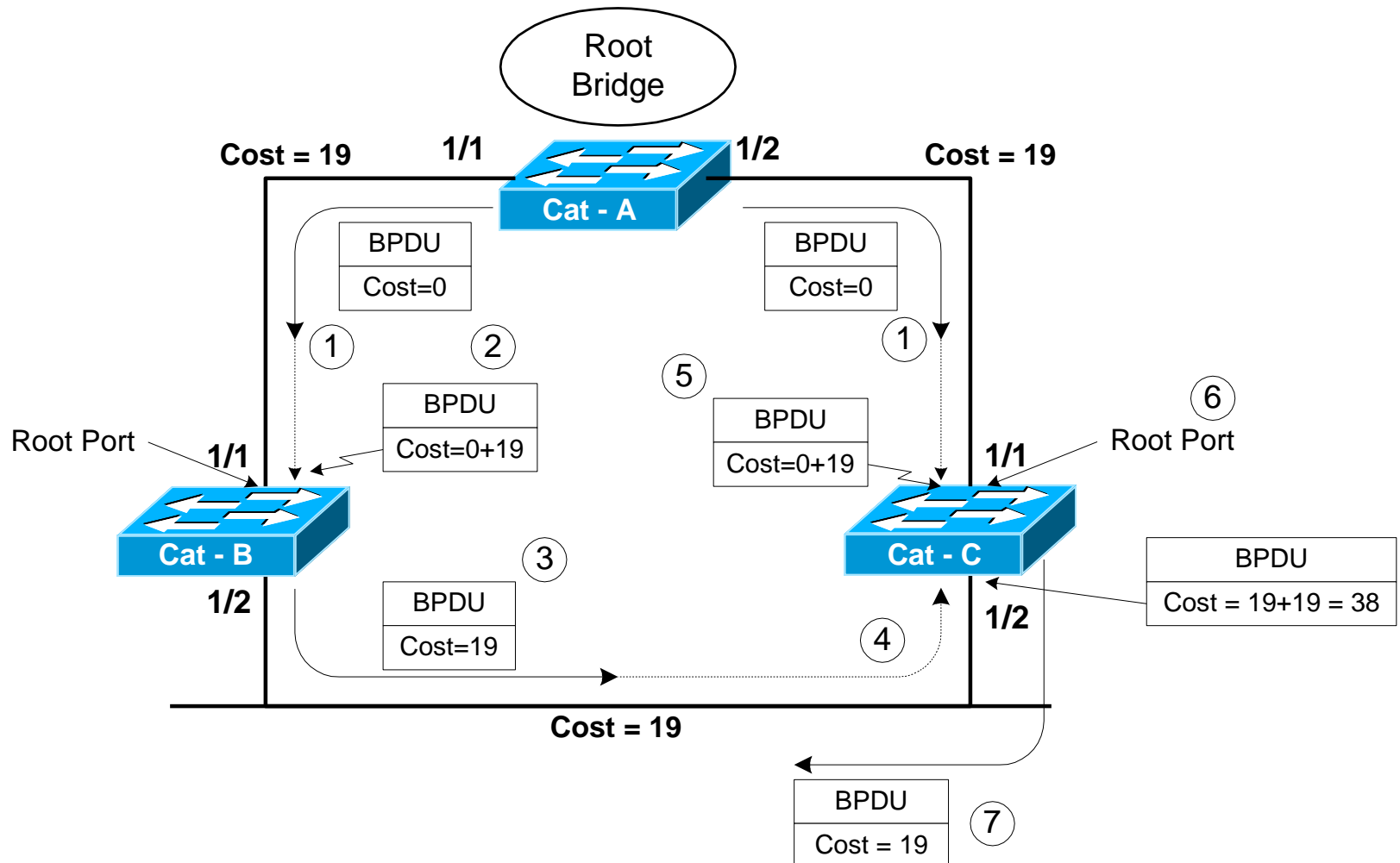
Port ID

Cuál es el Port del switch que envía esta BPDU ..?



Spanning Tree Protocol

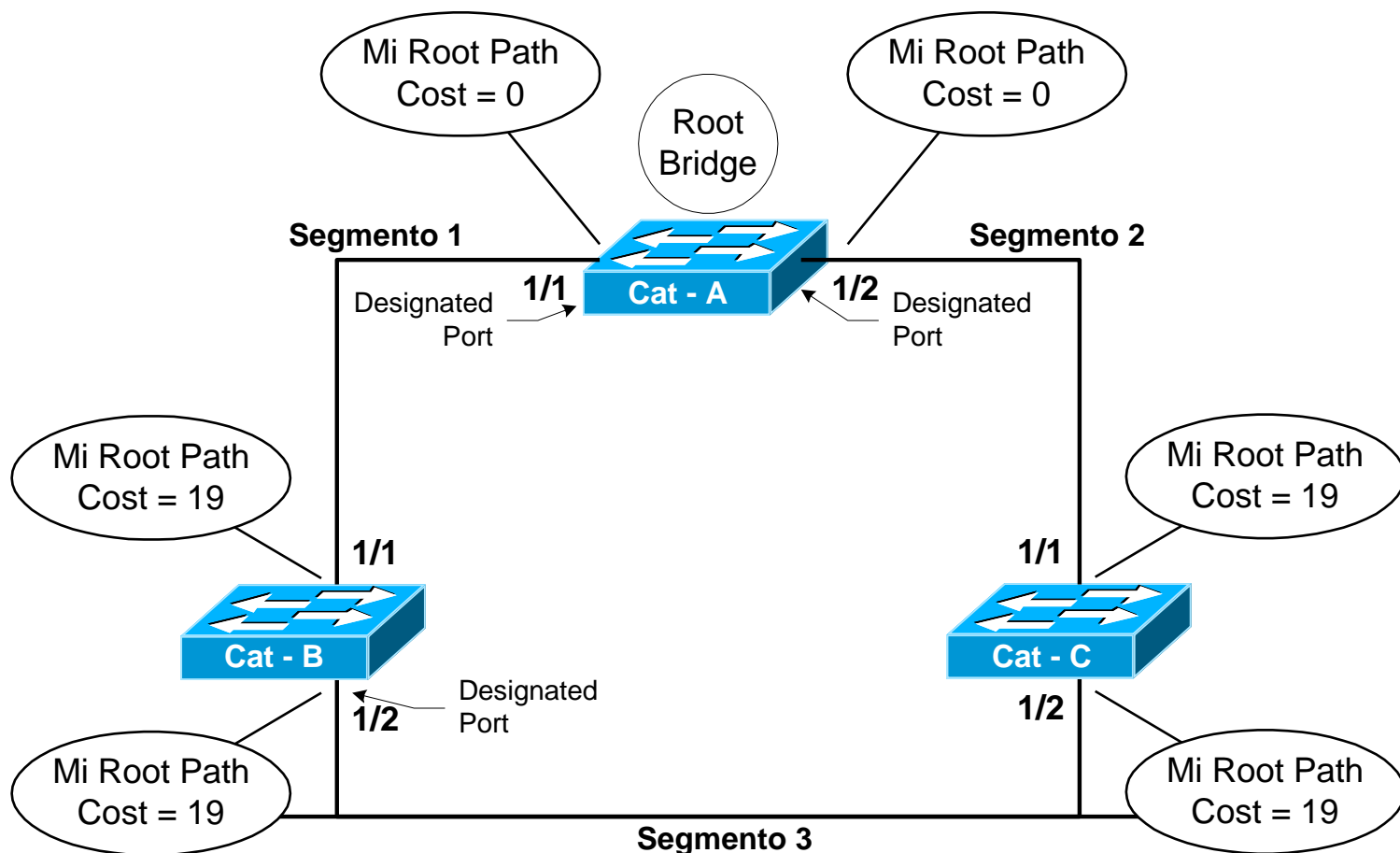
Elegir un Root Port





Spanning Tree Protocol

Elegir un Designated Port



Spanning Tree Protocol

Resumen

1. Elegir un root bridge
2. Elegir un root port
3. Elegir un designated port

STP Component	Number
Root Bridge	1
Root Port	14
Designated Ports	146

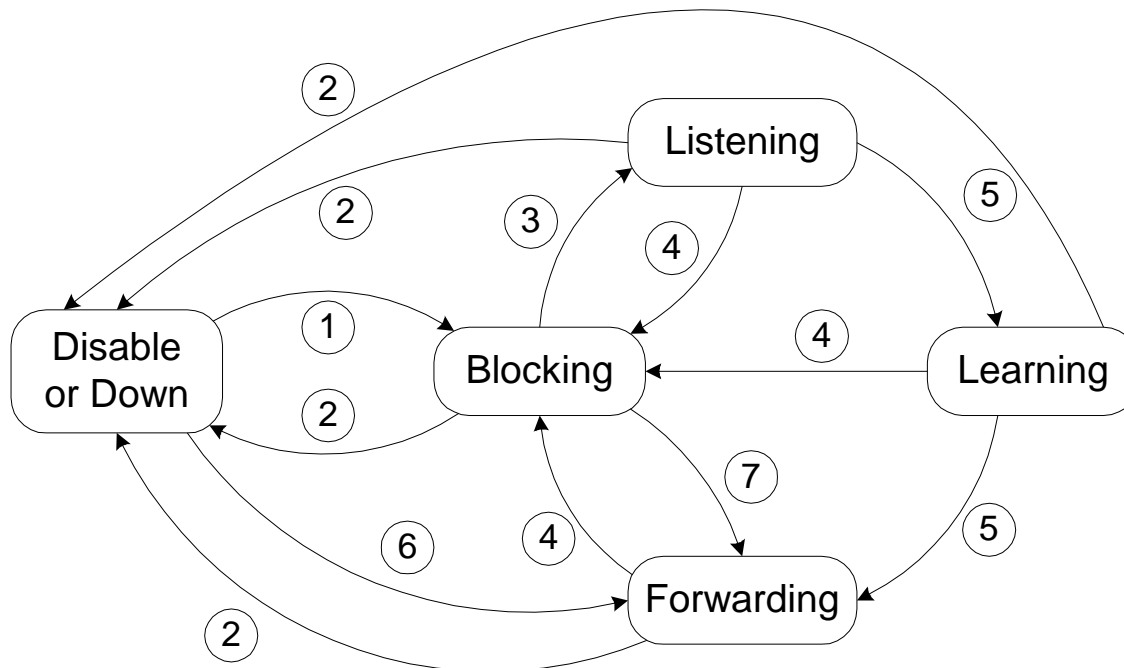
Un ejemplo real para 15 Switches y 146 segmentos

No olvidar la secuencia para la toma de decisiones

1. Menor Root BID
2. Menor Path Cost al Root Bridge
3. Menor BID del emisor
4. Menor port ID

Spanning Tree Protocol

Estado	Propósito
Forwarding	Enviar/Recibir datos del usuario
Learning	Construir la tabla de bridging
Listening	Construir una topología “activa”
Blocking	Recibir sólo BPDU
Disabled	Administrativamente down



Standard States

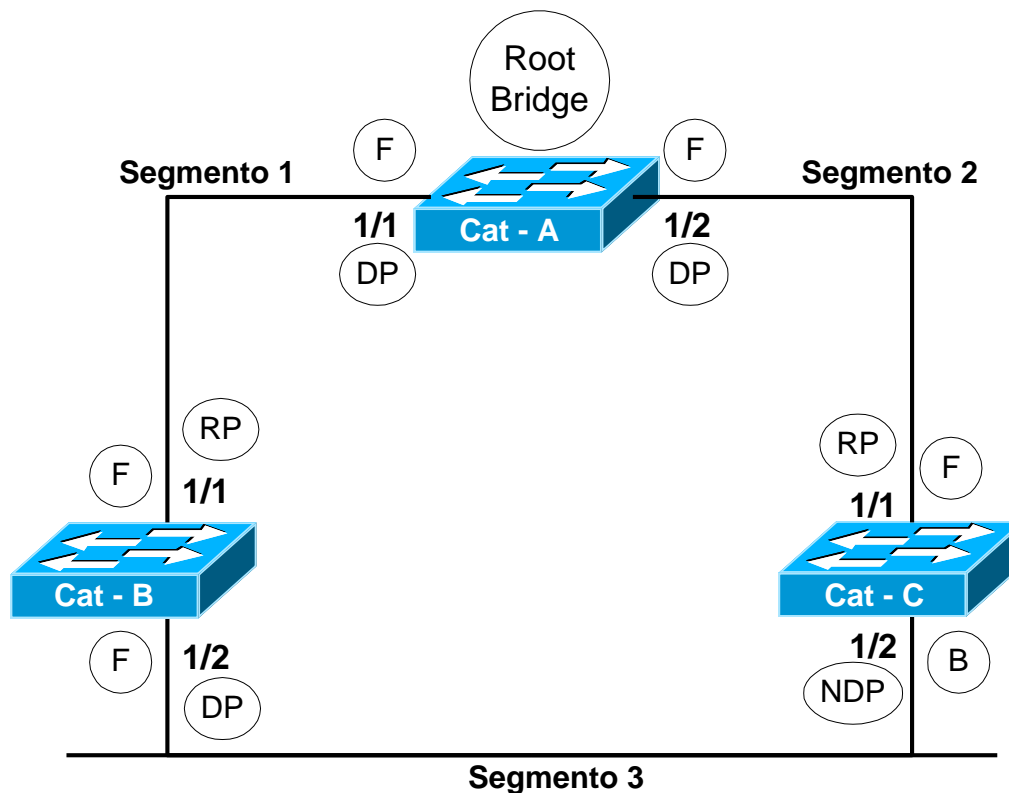
- (1) Port enabled or initialized
- (2) Port disabled or fails
- (3) Port selected as a Root or DP
- (4) Port ceases to be a Root or DP
- (5) Forwarding timer expires

Cisco-specific states

- (6) Port Fast
- (7) Uplink Fast

Spanning Tree Protocol

Estado final de la convergencia inicial



State/Port	Symbol
Blocking	B
Forwarding	F
Designated Po	DP
Root Port	RP
Non DP	NDP

Bibliografía

1. “Redes de Computadores”, James F. Kurose, Keith W. Ross, Pearson Addison Wesley.-
2. “Multiple Access Protocols: Performance and Analysis”; Rom, M. Sidi; Springer-Verlag; New York 1990.-
3. “Cisco LAN Switching, CCIE Professional Development”, Kennedy Clark, Kevin Hamilton.-
4. <http://www.ethermanage.com/ethernet/ethernet.html>



THANK YOU

GRACIAS

ARIGATO

SHUKURIA

BOLZİN

MERCI

BIYAN

SHUKRIA

TASHAKKUR ATU

YAQHANYELAY

SUKSAMA

EKHMET

MAAKE

GRAZIE

MEHRBANI

PALDIES

GOZAIMASHITA

EFCHARISTO

KOMAPSUMNIDA

JUSPAXAR

DANKSCHEEN

TINGKI

YUSPAGARATAM

WABEEJA

MAITEKA

HUI

UNALCHÉESH

SPASIBO

DENKAUJA

HEHACHALHYA

MAKETAI

MINMONCHAR

CHALTU

NUHUN

SNACHALHYA

SPASSIBO

ATTO

DIHANYABAAD

AUBHA

SAINCO

MERASTAWHY

GAEJTHO

TAVTAPUCH

MEDAWAGSE

BAIHA

FAKARUE

LAH

MAKETAJ