

Redes de Computadoras La capa de enlace de datos. La subcapa de control de acceso al medio

Temas

EL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN DEL CANAL, PROTOCOLOS DE ACCESO MÚLTIPLE, ETHERNET, LANS INALÁMBRICAS, BLUETOOTH, CONMUTACIÓN EN LA CAPA DE ENLACE DE DATOS. CUESTIONES DE DISEÑO DE LA CAPA DE ENLACE DE DATOS, DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES, PROTOCOLOS ELEMENTALES DE ENLACE DE DATOS, PROTOCOLOS DE VENTANA CORREDIZA, EJEMPLOS DE PROTOCOLOS DE ENLACE DE DATOS.

Protocolos y normas

IEEE 802.3: ETHERNET, IEEE 802.11: LAN INALÁMBRICA, IEEE 802.15: BLUETOOTH, IEEE 802.2: LLC, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, HDLC, PPP.

Herramientas y comandos

ARP, SHOW IP ARP, SHOW MAC-ADDRESS-TABLE, SHOW SPANNING-TREE, SHOW INTERFACES

Figuras

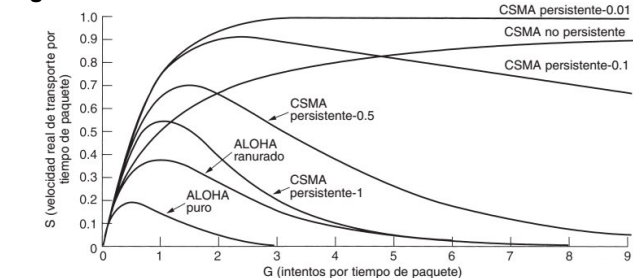


Figura 4-4. Comparación de la utilización del canal contra la carga para varios protocolos de acceso aleatorio.

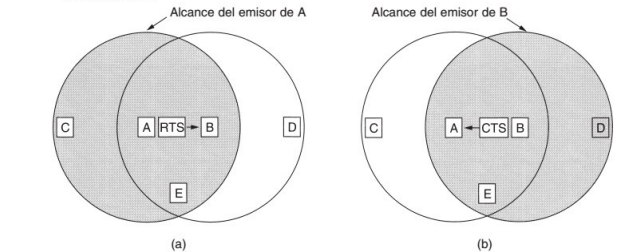


Figura 4-12. El protocolo MACA. (a) A enviando a B un RTS. (b) B respondiendo a A con un CTS.

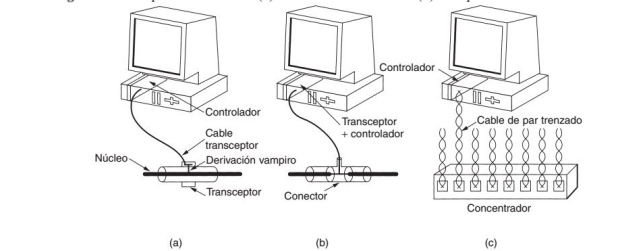


Figura 4-14. Tres tipos de cableado Ethernet. (a) 10Base5. (b) 10Base2. (c) 10Base-T.

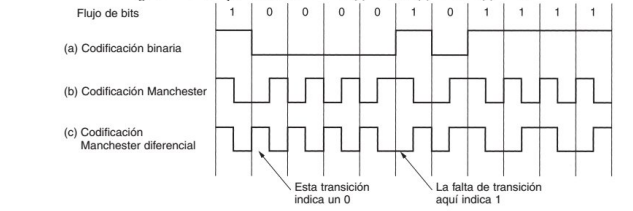


Figura 4-16. (a) Codificación binaria. (b) Codificación Manchester. (c) Codificación Manchester diferencial.



Figura 4-11. LAN inalámbrica. (a) A transmitiendo. (b) B transmitiendo.

Nombre	Cable	Seg. máx.	Nodos/seg	Ventajas
10Base5	Coaxial grueso	500 m	100	Cable original; ahora obsoleto
10Base2	Coaxial delgado	185 m	30	No se necesita concentrador
10Base-T	Par trenzado	100 m	1024	Sistema más económico
10Base-F	Fibra óptica	2000 m	1024	Mejor entre edificios

Figura 4-13. Los tipos más comunes de cableado Ethernet.

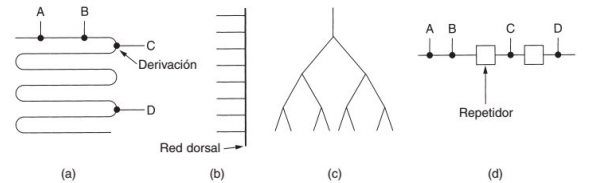


Figura 4-15. Topologías de cableado. (a) Lineal. (b) Columna vertebral. (c) Árbol. (d) Segmentada.

Bytes	8	6	6	2	0-1500	0-46	4
(a)	Preámbulo	Dirección de destino	Dirección de origen	Tipo	Datos	Relleno	Suma de verificación
(b)	Preámbulo	SOF	Dirección de destino	Dirección de origen	Longitud	Datos	Relleno
							Suma de verificación

Figura 4-17. Formatos de trama. (a) Ethernet DIX. (b) IEEE 802.3.

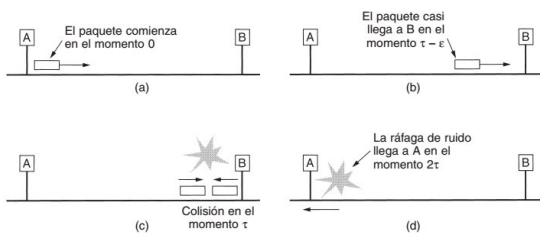


Figura 4-18. La detección de una colisión puede tardar hasta 2τ .

Nombre	Cable	Segmento máximo	Ventajas
100Base-T4	Par trenzado	100 m	Utiliza UTP categoría 3
100Base-TX	Par trenzado	100 m	Dúplex total a 100 Mbps (UTP cat 5)
100Base-FX	Fibra óptica	2000 m	Dúplex total a 100 Mbps; distancias largas

Figura 4-21. El cableado original de Fast Ethernet.

Nombre	Cable	Segmento máximo	Ventajas
1000Base-SX	Fibra óptica	550 m	Fibra multimodo (50, 62.5 micras)
1000Base-LX	Fibra óptica	5000 m	Sencilla (10 μ) o multimodo (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 pares de STP	25 m	Cable de par trenzado blindado
1000Base-T	4 Pares de UTP	100 m	UTP categoría 5 estándar

Figura 4-23. Cableado de Gigabit Ethernet.

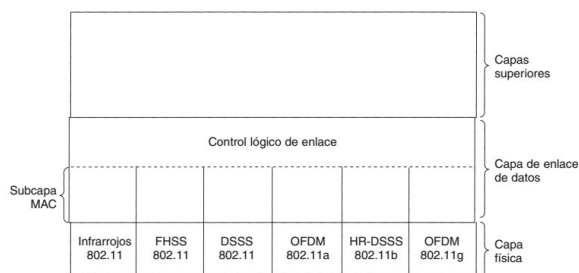


Figura 4-25. Parte de la pila de protocolos del 802.11.

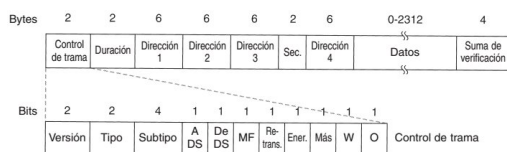


Figura 4-30. La trama de datos 802.11.

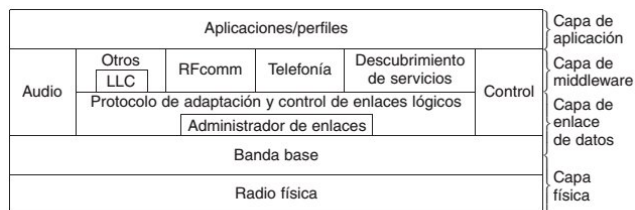


Figura 4-37. Versión 802.15 de la arquitectura de protocolos de Bluetooth.

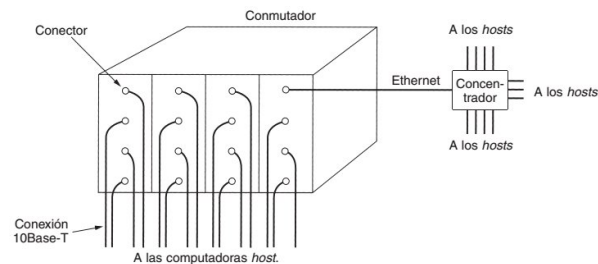


Figura 4-20. Ejemplo sencillo de Ethernet conmutada.

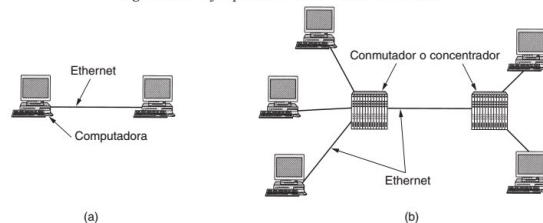


Figura 4-22. (a) Ethernet de dos estaciones. (b) Ethernet con múltiples estaciones.

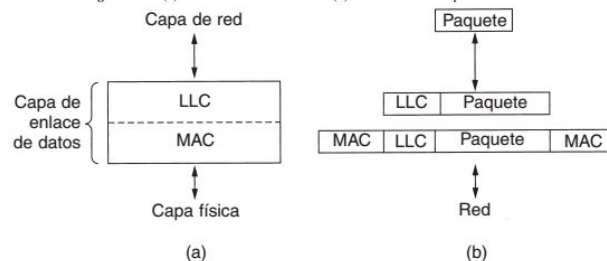


Figura 4-24. (a) Posición del LLC. (b) Formatos de protocolo. A desea enviar a B pero no puede oír que B está ocupado. B desea enviar a C pero piensa erróneamente que la transmisión fallará.

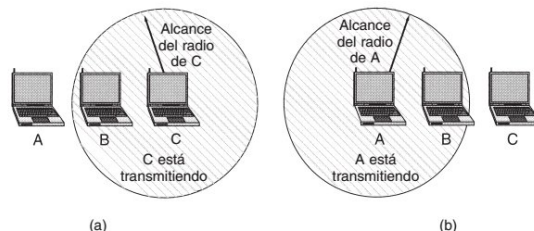


Figura 4-26. (a) El problema de la estación oculta. (b) El problema de la estación expuesta.

Nombre	Descripción
Acceso genérico	Procedimientos para el manejo de enlaces
Descubrimiento de servicios	Protocolo para descubrir los servicios que se ofrecen
Puerto serie	Reemplazo para un cable de puerto serie
Intercambio genérico de objetos	Define la relación cliente-servidor para el traslado de objetos
Acceso a LAN	Protocolo entre una computadora móvil y una LAN fija
Acceso telefónico a redes	Permite que una computadora portátil realice una llamada por medio de un teléfono móvil
Fax	Permite que un fax móvil se comunique con un teléfono móvil
Telefonía inalámbrica	Conecta un handset (teléfono) con su estación base local
Intercom (Intercomunicador)	Walkie-talkie digital
Headset (Diadema telefónica)	Posibilita la comunicación de voz sin utilizar las manos
Envío de objetos	Ofrece una manera de intercambiar objetos simples
Transferencia de archivos	Proporciona una característica para transferencia de archivos más general
Sincronización	Permite a un PDA sincronizarse con otra computadora

Figura 4-36. Los perfiles de Bluetooth.

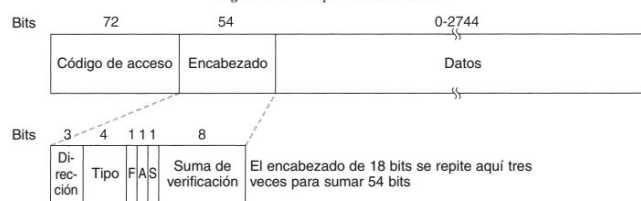


Figura 4-38. Trama de datos típica de Bluetooth.

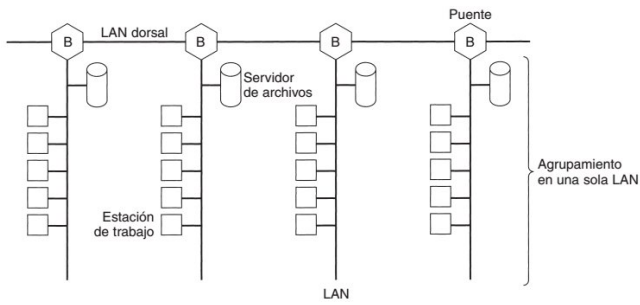


Figura 4-41. Formatos de trama de las redes 802. El dibujo no es a escala.

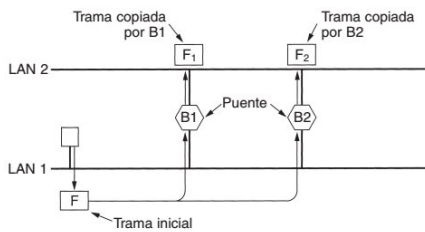


Figura 4-43. Dos puentes paralelos transparentes.

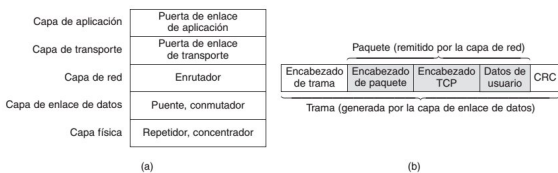


Figura 4-46. (a) Los dispositivos y sus capas correspondientes. (b) Tramas, paquetes y encabezados.

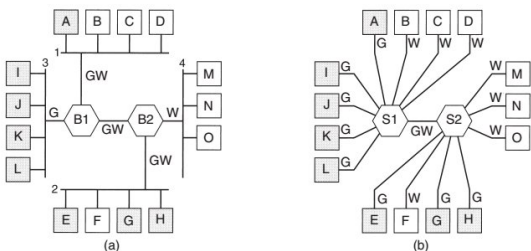


Figura 4-49. (a) Cuatro LANs físicas organizadas en dos VLANs, en gris y blanco, mediante dos puentes. (b) Las mismas 15 máquinas organizadas en dos VLANs mediante conmutadores.

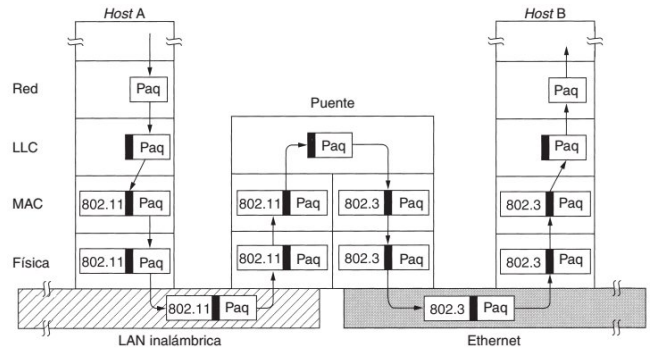


Figura 4-40. Operación de un puente entre una red 802.11 y una 802.3.

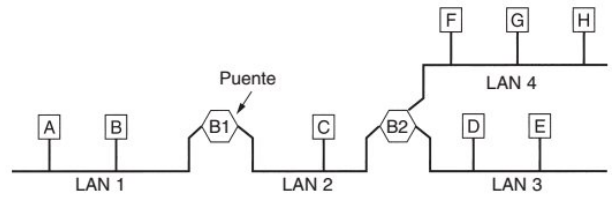


Figura 4-42. Configuración con cuatro LANs y dos puentes.

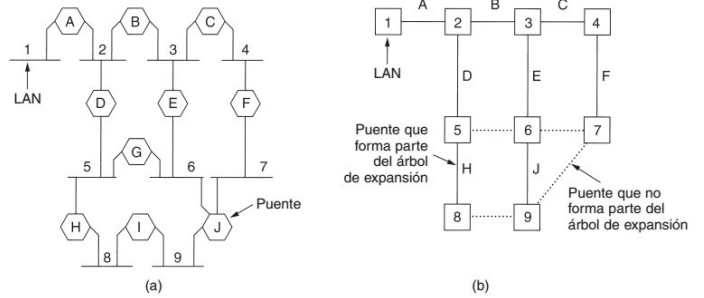


Figura 4-44. (a) LANs interconectadas. (b) Árbol de expansión que abarca las LANs. Las líneas punteadas no son parte del árbol de expansión.

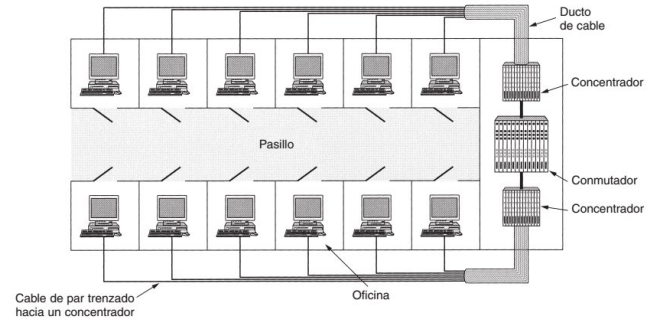


Figura 4-48. Edificio con cableado centralizado que utiliza concentradores y un conmutador.

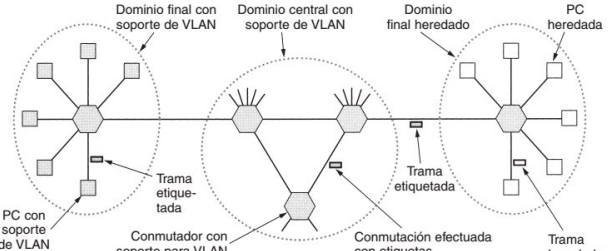


Figura 4-50. Transición de Ethernet heredada a Ethernet con soporte para VLAN. Los símbolos sombreados representan soporte para VLAN, a diferencia de los vacíos.

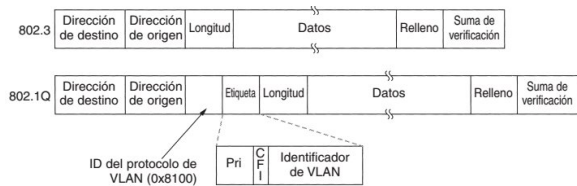
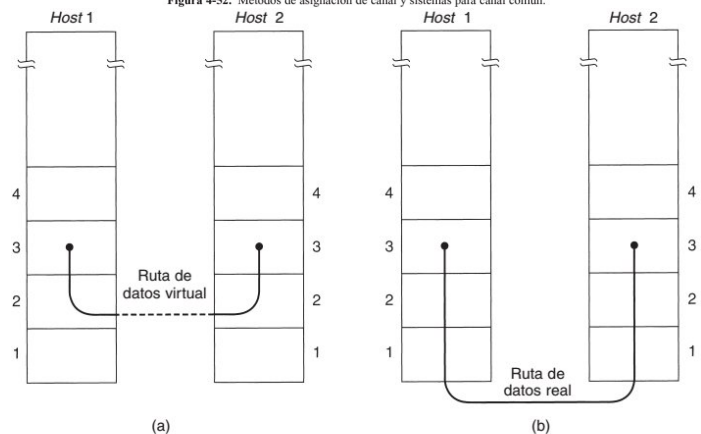


Figura 4-51. Formatos de trama Ethernet 802.3 (heredada) y 802.1Q.

Método	Descripción
FDM	Dedica una banda de frecuencia a cada estación
WDM	Esquema FDM dinámico para fibra
TDM	Dedica una ranura de tiempo a cada estación
ALOHA puro	Transmisión asincrónica en cualquier momento
ALOHA ranurado	Transmisión aleatoria en ranuras de tiempo bien definidas
CSMA persistente-1	Acceso múltiple con detección de portadora estándar
CSMA no persistente	Retardo aleatorio cuando se detecta que el canal está ocupado
CSMA persistente-p	CSMA, pero con una probabilidad de persistencia p
CSMA/CD	CSMA, pero aborta al detectar una colisión
Mapa de bits	Calendarización round robin mediante mapa de bits
Conteo descendente binario	La estación disponible con el número más alto toma el turno
Recorrido de árbol	Contención reducida mediante habilitación selectiva
MACA, MACAW	Protocolos de LAN inalámbrica
Ethernet	CSMA/CD con retraso exponencial binario
FHSS	Espectro disperso con salto de frecuencia
DSSS	Espectro disperso de secuencia directa
CSMA/CA	Acceso múltiple con detección de portadora y evitación de colisiones

Figura 4-52. Métodos de asignación de canal y sistemas para canal común.



(a)

(b)

Figura 3-2. (a) Comunicación virtual. (b) Comunicación real.

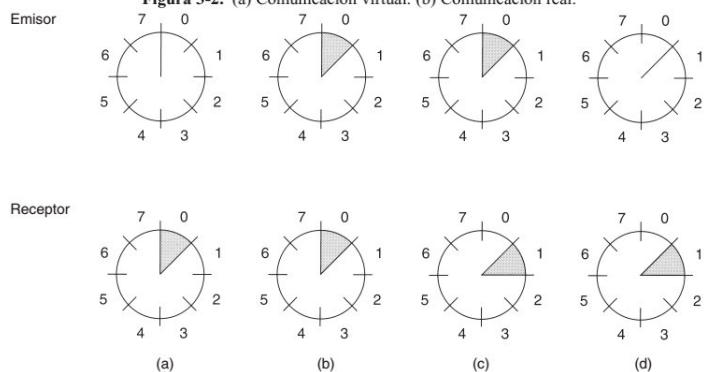


Figura 3-13. Ventana corrediza de tamaño 1, con un número de secuencia de 3 bits. (a) Al inicio. (b) Tras la transmisión de la primera trama. (c) Tras la recepción de la primera trama. (d) Tras recibir la primera confirmación de recepción.

Bits	1	3	1	3
(a)	0	Secuencia	P/F	Siguiente
(b)	1	0	Tipo	P/F
(c)	1	1	Tipo	Modificado

Figura 3-25. Campo de Control de (a) una trama de información, (b) una trama de supervisión y (c) una trama no numerada.

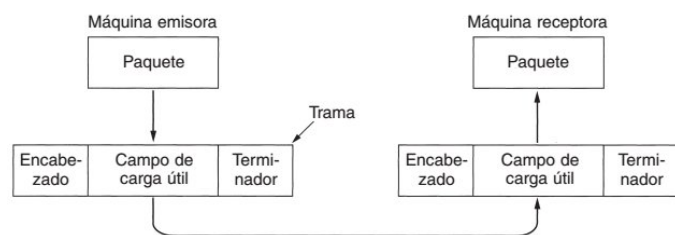


Figura 3-1. Relación entre los paquetes y las tramas.

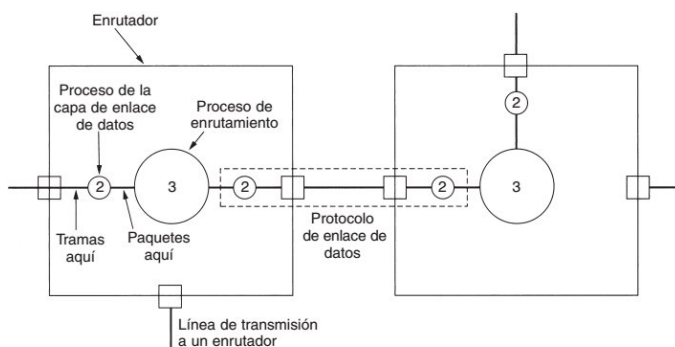


Figura 3-3. Ubicación del protocolo de enlace de datos.

Bits	8	8	8	≥0	16	8
	0 1 1 1 1 1 0	Dirección	Control	Datos	Suma de verificación	0 1 1 1 1 1 0

Figura 3-24. Formato de trama para protocolos orientados a bits.

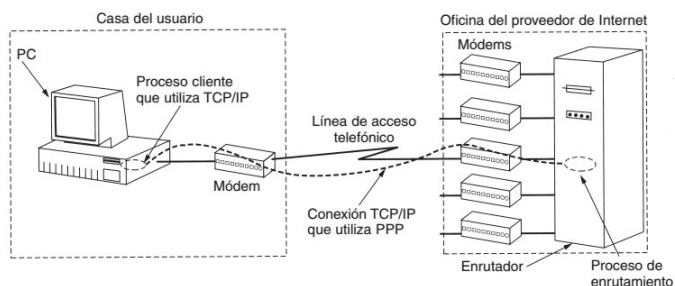


Figura 3-26. Computadora personal doméstica que funciona como *host* de Internet.

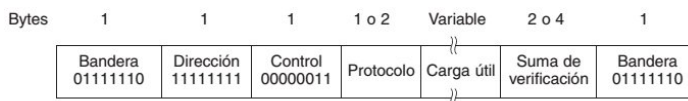


Figura 3-27. Formato de trama completa PPP para el modo de operación no numerado.

EXPLICAR Y JUSTIFICAR TODAS LAS RESPUESTAS

PROBLEMAS

Problema 1

¿Qué empresa fabrica el adaptador Ethernet (IEEE 802.3) de la computadora que usted usa normalmente? Determine cuál es el prefijo (OUI) de la dirección asignado a este fabricante.

Problema 2

El algoritmo para el cálculo del retardo para la transmisión en CSMA/CD es el siguiente:

```

if intentos <= 16 then
begin
  k := min(intentos, 10);
  r := random(0, 2k - 1);
  retardo := r * ranura_de_tiempo;
  intentos := intentos + 1;
end;

```

donde r es un número entero generado de manera aleatoria a partir de una función de distribución uniforme.

- ¿Qué relación encuentra entre el número de colisiones que sufre un transmisor y el tiempo que deberá esperar para intentar retransmitir una trama?
- ¿Qué tipo de prioridad implícita genera esto?
- ¿Qué ocurre en el protocolo si intentos es mayor que 16? ¿Por qué existe esta cota superior?

Problema 3

Analizar la veracidad de la siguiente afirmación:

"En MAC 802.3 (CSMA/CD), si una trama es transmitida al medio físico sin colisiones puede asegurarse que la subcapa receptora la entrega correctamente a su capa superior"

Problema 4

Dentro de un segmento de LAN 802.3 un host envía a otro un mensaje de nivel de aplicación. Si una de las tramas Ethernet llega al destino y luego del chequeo del CRC es descartada. ¿Qué sucede con la trama original? ¿Y con el mensaje de nivel de aplicación?

Problema 5

En una LAN FastEthernet (IEEE 802.3u) se pueden usar conexiones full-dúplex tanto sobre UTP como sobre fibra óptica. ¿Por qué es posible esto? ¿Qué significa full-dúplex cuando se trata de Ethernet?

Problema 6

Explique la salida del siguiente comando realizado en una PC conectada a una red local.

```

$ arp -an
(200.10.166.41) at 00:13:20:3a:4a:ec on fxp0 [ethernet]
(200.10.166.51) at 00:03:47:c2:ef:17 on fxp0 [ethernet]
(200.10.166.53) at 00:50:04:b2:b1:57 on fxp0 [ethernet]
(200.10.166.58) at 00:07:e9:88:bb:ba on fxp0 permanent [ethernet]
(200.10.166.62) at 00:06:28:f9:e9:c0 on fxp0 [ethernet]
(200.10.166.120) at 00:0f:66:07:b3:90 on fxp0 [ethernet]

```

(200.10.166.160) at 00:c0:49:d6:4e:ac on fxp0 [ethernet]
 (200.10.166.207) at 00:04:23:46:b9:a5 on fxp0 [ethernet]
 (200.10.166.209) at 00:c0:49:a8:2a:9c on fxp0 [ethernet]

Problema 7

Explique porqué es razonable que cada entrada de la tabla ARP expire después de 10-15 minutos. Explique los problemas que ocurren si el valor del timeout es demasiado pequeño o demasiado grande.

Problema 8

Si a un switch se le presenta un mensaje con dirección MAC de origen desconocida, ¿Qué hace? ¿Y con dirección MAC de destino desconocida?

Problema 9

Dada una LAN con un switch L2 que une 4 hosts (H1, H2, H3, y H4); se envían tramas, en este orden:

H1 --> H2 ; H4 --> H3 ; H2 --> H1 ; H1 --> H3 ; H3 --> H1

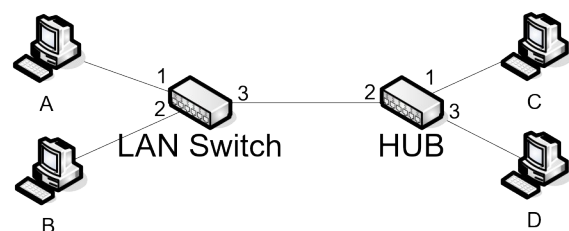
Sabiendo que la tabla de forwarding del switch se encuentra vacía, diga si las tramas son enviadas directamente al destino por el switch o son transmitidas por todos los puertos. Indique también los cambios en la tabla de forwarding del switch asumiendo que las entradas no expiran.

Problema 10

Se tiene una LAN con tres hosts (H1, H2 y H3), con MAC address M1, M2 y M3 y direcciones IP I1, I2 e I3 respectivamente. H1 desea determinar si H2 está funcionando. Para ello envía un mensaje ICMP echo request (ping). Explique la secuencia de paquetes emitidos por H1, H2 y H3, suponiendo que no hay problemas y H2 responderá normalmente. No necesita entrar en detalles de la capa de enlace, pero debería explicar cualquier mensaje enviado sobre ésta. Detalle direcciones de origen y destino de nivel 2 y 3.

Problema 11

Se tiene una red tipo ethernet con cuatro estaciones, un LAN switch y un hub.



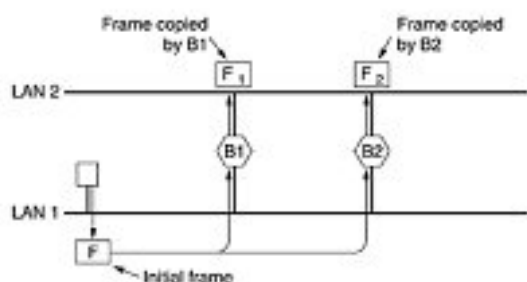
Est.	IP Address	MAC Address
A	200.10.161.5	00:1d:6a:22:95:50
B	200.10.161.55	00:1c:6a:20:95:50
C	200.10.161.81	00:1d:6a:22:99:51
D	200.10.161.22	00:1d:6a:25:95:59

Suponiendo que la tabla de switching del LAN Switch se encuentra vacía, que las tablas ARP de las estaciones también se encuentran vacías, y que A envía un paquete IP a B:

- Detallar la tabla de switching posterior al envío de ese paquete IP.
- Detallar las tablas ARP de todas las estaciones.
- Detallar a qué estaciones llega el paquete IP (aunque no sea aceptado).

Problema 12

Para aumentar la confiabilidad, algunos sitios utilizan dos o más switches en paralelo entre LANs, como se muestra en la figura. B1 y B2 son los LAN switches.



Explique cómo se maneja el envío de un frame (F) con destino desconocido (e.g. los switches no lo tienen en sus tablas de forwarding).

Problema 13

Suponga que se instala un enlace punto-a-punto de 100Mbps entre la Tierra y una nueva colonia en la Luna. La distancia entre la Luna y la Tierra es de aproximadamente 386243 kilómetros, y los datos atraviesan el enlace a la velocidad de la luz (300000 kilómetros por segundo).

- Calcule el RTT (Round-Trip Time) del enlace.
- Usando el $RTT/2$ como delay, calcule el producto *bandwidth x delay* para el enlace.
- ¿Cuál es el significado del producto *bandwidth x delay* calculado en el punto anterior?
- Una cámara en la base lunar toma fotografías de la Tierra y las guarda en formato digital en un disco. Suponga que el Control de Misión en la Tierra desea descargar la última imagen que es de 25 MB. ¿Cuál es el tiempo mínimo que puede transcurrir entre el momento en que se inicia el pedido del dato y finaliza la transferencia?

Bibliografía

- ✓ Redes de Computadoras. Quinta edición. Andrew S. Tanenbaum y David J. Wetherall. Pearson Educación, México, 2012. 3 LA CAPA DE ENLACE DE DATOS. 4 LA SUBCAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO.
- ✓ https://en.wikipedia.org/wiki/Bandwidth-delay_product
- ✓ https://es.wikipedia.org/wiki/Tiempo_de_ida_y_vuelta