

## Redes de Datos

### 2do parcial

Solución: Esto es un esquema de los puntos fundamentales que debería contener la respuesta correcta

#### Pregunta 1 (8 puntos)

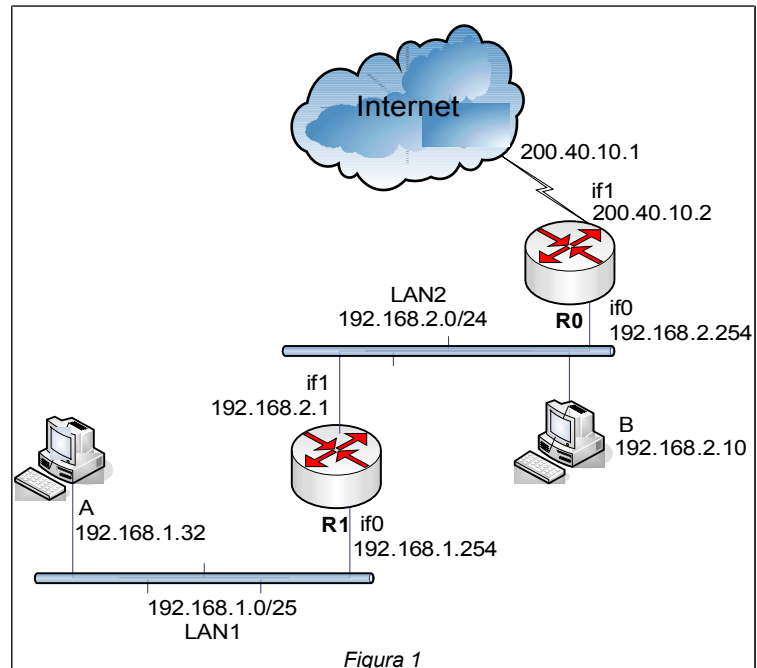
En el diagrama de la figura 1, la configuración de las tablas de rutas es la siguiente:

Equipo A		
Red	Máscara	Próximo Salto
192.168.1.0	255.255.255.128	Interfaz de red if0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.2.254

Equipo B		
Red	Máscara	Próximo Salto
192.168.2.0	255.255.255.0	Interfaz de red if0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.2.254

Router R0		
Red	Máscara	Próximo Salto
200.40.10.0	255.255.255.252	Interfaz de red if1
192.168.2.0	255.255.255.0	Interfaz de red if0
0.0.0.0	0.0.0.0	200.40.10.1

Router R1		
Red	Máscara	Próximo Salto
192.168.1.0	255.255.255.128	Interfaz de red if0
192.168.2.0	255.255.255.0	Interfaz de red if1
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.2.254



- a) Identifique el o los problemas que impiden la comunicación entre los equipos y/o con Internet. Para cada problema identificado, explique detalladamente cómo afecta el funcionamiento.

*Un primer problema es que la tabla de rutas de A tiene como próximo salto de la ruta por defecto la IP de un equipo que no es alcanzable por A (es R0 en LAN2). Entonces A no va a poder enviar paquetes hacia equipos fuera de la LAN1.*

*Por otra parte R0 no tiene una ruta para llegar a LAN1. Cualquier paquete que llegue a R0 destinado a LAN1 no llegará.*

*Como B tiene solamente una ruta por defecto a R0, si envía paquetes a Internet no tendrá problemas en enviar y recibir. Si envía paquetes a A, los encaminará hacia R0 y como R0 no sabe llegar a A, los enviará a Internet y seguramente le vuelvan, quedando en loop hasta que se agote el tiempo de vida del paquete.*

- b) Proponga una nueva configuración que permita la comunicación entre todos los equipos entre sí y con Internet.

*Lo primero es cambiar el próximo salto de la ruta por defecto de A a la IP 192.168.1.254 de R1 en la LAN1. Así A podrá enviar paquetes hacia fuera de su LAN. La tabla quedaría:*

Equipo A		
Red	Máscara	Próximo Salto
192.168.1.0	255.255.255.128	Interfaz de red if0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.1.254

Luego hay que agregar en R0 una ruta para la LAN1, de modo que los paquetes destinados a A puedan llegar desde R0, es decir que la nueva tabla sería:

Router R0		
Red	Máscara	Próximo Salto
200.40.10.0	255.255.255.252	Interfaz de red if1
192.168.1.0	255.255.255.128	192.168.2.1
192.168.2.0	255.255.255.0	Interfaz de red if0
0.0.0.0	0.0.0.0	200.40.10.1

Con estos cambios es suficiente para que A llegue a todos los destinos. B con estos cambios llegaría a A a través de R0 y luego R1, lo que no sería óptimo porque podría llegar solamente pasando por R0. Por tanto se podría optimizar el funcionamiento agregando una ruta en B quedando la tabla como se indica a continuación:

Equipo B		
Red	Máscara	Próximo Salto
192.168.1.0	255.255.255.128	192.168.2.1
192.168.2.0	255.255.255.0	Interfaz de red if0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.2.254

## Pregunta 2 (8 puntos)

- a) Explique la necesidad de la función de entramado o "framing" en la capa de enlace.

*El entramado es necesario para poder dividir la información que llega de capa 3 en unidades de datos sobre las que se pueda implementar mecanismos de control de errores.*

*Esta división en tramas también podría ser necesaria si se desean implementar mecanismos de control de flujo mediante ventanas deslizantes y/o mecanismos de acuse de recibo.*

*Los métodos vistos en clase para división en tramas eran el conteo de caracteres, la inserción de banderas de caracteres (orientado a caracteres), la inserción de banderas de bits (orientado a bits) y las violaciones al código de línea de la capa física, representando comienzo y fin de trama con señales que no representen unos o ceros.*

- b) Explique el mecanismo analizado en clase de entramado orientado a bits.

*El mecanismo orientado a bits consiste en colocar un patrón de bits al principio y al final de la trama de modo de marcar el principio y fin de la misma. Esto permite la re-sincronización si nos perdemos algo, ya que hay que esperar hasta encontrar el patrón para saber que estamos en el principio o fin de una trama. El patrón que se utiliza normalmente es el 01111110.*

- c) Explique por qué es necesario garantizar la transparencia de los datos de las capas superiores y explique el mecanismo utilizado de inserción de bits. Justifique por qué este mecanismo garantiza la transparencia.

*El problema de la transparencia se da porque no se puede garantizar que en la parte de los datos que están entre las banderas de inicio y fin (el contenido de la trama que viene de las capas superiores) no aparezca la secuencia de bits elegida como bandera de comienzo y fin de tramas.*

*Si este patrón aparece en los datos va a confundir al receptor haciendo que mal interprete las tramas.*

*Para evitar este problema lo que se hace es procesar los datos antes de colocar las banderas. El transmisor toma la secuencia de bits de los datos y cuando encuentra 5 unos seguidos se inserta un 0. Este procedimiento construye una secuencia de bits donde no está la bandera, ya que no puede aparecer el patrón 01111110 porque ese tipo de secuencias fue interrumpida.*

*Una vez construido esta nueva secuencia de bits con bits de relleno insertados, se agregan las banderas de comienzo y fin.*

El receptor que reciba esta trama comenzará viendo la secuencia y si encuentra un 0 y 5 unos, mirará el siguiente bit. Si es un 0 lo sacará (porque es el 0 insertado por el transmisor) y si es un 1 lo identificará como bandera.

**Pregunta 3 (12 puntos)**

- a) Explique en qué tipo de redes se utiliza el protocolo ARP (Address Resolution Protocol) y por qué es necesario.

El protocolo ARP se utiliza en redes que tienen medios compartidos, típicamente en redes LAN.

Es necesario porque cuando un equipo de una LAN quiere enviar una trama a otro equipo de la misma LAN tiene que poner en la trama la MAC del destino.

Para saberla tendría que tener una tabla lo que sería muy difícil de administrar. El protocolo ARP permite que las máquinas averiguen las direcciones MAC de otros equipos de su LAN sin intervención administrativa.

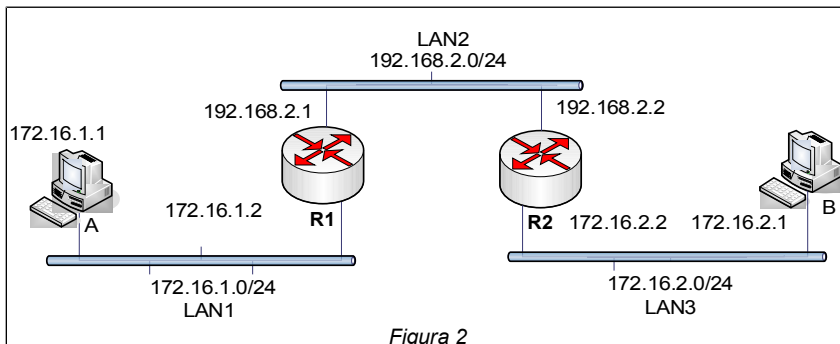


Figura 2

- b) En el diagrama de la figura 2 indique el valor de los encabezados relevantes de las tramas ethernet del protocolo ARP que aparecerán en las redes LAN1, LAN2 y LAN3 cuando se envíe un paquete IP desde A hacia B, suponiendo que no hay información previa relevante en los cachés de los equipos.

Cuando A envía un paquete a B la secuencia de eventos es la siguiente:

- i) A verifica consultando su tabla de rutas que B está alcanzable a través del enrutador 172.16.1.2 que está en su propia LAN, por lo tanto necesita la MAC de R1 en LAN1 para poder armar una trama y enviar el paquete
- ii) A envía un mensaje de ARP con los siguientes campos:

Encabezados Ethernet		Encabezados ARP				
MAC Origen	MAC destino	MAC origen	MAC destino	IP origen	IP destino	Comentario
MACA	FF:FF:FF:FF:FF:FF (broadcast) para que todos los equipos de LAN1 puedan verla	MACA	?	172.16.1.1 (IP de A)	172.16.1.2 (IP de R1 en LAN1)	¿quién tiene la IP 172.16.1.2? Responder a MACA, IPA

- iii) Esa trama es recibida por todas las máquinas de LAN1. Solamente R1 verá que están preguntando por su IP y responderá. La respuesta ya no va a broadcast, va específicamente a A y por tanto su contenido será:

Encabezados Ethernet		Encabezados ARP				
MAC Origen	MAC destino	MAC origen	MAC destino	IP origen	IP destino	Comentario
MACR1	MACA	MACR1	MACA	172.16.1.2	172.16.1.1	IPR1 se corresponde con MACR1

De este modo A aprende la correspondencia entre la MACR1 y puede enviar el paquete IP destinado a B en una trama cuya MAC de origen es MACA y su MAC de destino es MACR1. También R1 aprende la correspondencia entre la MACA y la IP de A para cuando tenga que eventualmente enviar datos hacia A.

En la LAN2 pasará algo similar. R1 verá en su tabla de rutas que para ir a B tiene que enviar sus tramas a R2, por lo que se intercambiarán las siguientes tramas de ARP:

Encabezados Ethernet		Encabezados ARP				
MAC Origen	MAC destino	MAC origen	MAC destino	IP origen	IP destino	Comentario
MACR1 (en LAN2)	FF:FF:FF:FF:FF:FF (broadcast) para que todos los equipo de LAN2 puedan verla	MACR1 (en LAN2)	?	192.168.2.1 (IP de R1 en LAN2)	192.168.2.2 (IP de R2 en LAN2)	¿quién tiene la IP 192.168.2.2? Responder a MACR1, IPR1
MACR2	MACR1 (en LAN2)	MACR2 (en LAN2)	MACR1	192.168.2.2	192.168.2.1	IPR2 se corresponde con MACR2

En la LAN3 pasará algo similar. R2 verá en su tabla de rutas que para ir a B tiene que enviar tramas directamente por su interfaz de red en LAN3, por lo que se intercambiarán las siguientes tramas de ARP:

Encabezados Ethernet		Encabezados ARP				
MAC Origen	MAC destino	MAC origen	MAC destino	IP origen	IP destino	Comentario
MACR2 (en LAN3)	FF:FF:FF:FF:FF:FF (broadcast) para que todos los equipo de LAN3 puedan verla	MACR2 (en LAN3)	?	172.16.2.2 (IP de R2 en LAN3)	172.16.2.1 (IP de B)	¿quién tiene la IP 172.16.2.1? Responder a MACR2, IPR2
MACB	MACR2 (en LAN3)	MACB	MACR2 (en LAN3)	172.16.2.1	172.16.2.2	IPB se corresponde con MACB

- c) Para el paquete IP que va de A a B mencionado en la parte b), indique las direcciones IP de origen y destino así como las direcciones Ethernet de origen y destino en cada una de las LAN de la figura.

El paquete IP no cambia sus direcciones IP en todo el trayecto, siempre va de A a B. Lo que cambian son las direcciones de capa 2 en cada tramo, por lo que el paquete visto en cada una de las redes tendrá los siguientes encabezados:

LAN	Encabezados Ethernet		Encabezados IP	
	MAC Origen	MAC destino	IP origen	IP destino
LAN1	MACA	MACR1 en LAN1	172.16.1.1	172.16.2.1
LAN2	MACR1 en LAN2	MACR2 en LAN2	172.16.1.1	172.16.2.1
LAN3	MACR3 en LAN3	MACB	172.16.1.1	172.16.2.1

#### Pregunta 4 (12 puntos)

- a) Explique el funcionamiento del protocolo de acceso al medio CSMA/CD persistente 1 utilizado para compartir un medio común entre varias estaciones

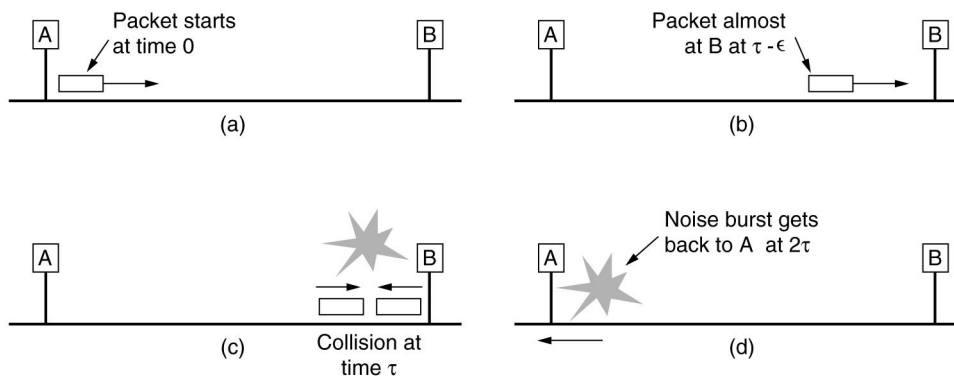
CSMA/CD quiere decir Carrier Sense Multiple Access con Detección de Colisiones y es un mecanismo de acceso aleatorio para resolver el acceso a un canal compartido (Multiple Access) para redes de área local. El funcionamiento es el siguiente.

- Cuando una estación tiene una trama para enviar al canal, escucha previamente el canal (Carrier Sense) para ver si está ocupado por otra estación que esté transmitiendo.
- Si el canal está libre, transmite. Si está ocupado espera hasta que se desocupe. En la variante persistente 1, la estación transmite con probabilidad 1 una vez que el canal se libera.
- Si al transmitir ocurre una colisión se espera un tiempo aleatorio para volver a intentar transmitir. Una colisión puede darse porque dos estaciones estaban esperando que el canal se liberara y cuando se libera, ambas transmiten (1-persistente) y entonces colisionan. Al colisionar las tramas, el contenido de ambas queda dañado y no puede recuperarse. Una mejora para esto aparece con la detección de colisiones (Collision Detection) ya que una vez que se detecta que las tramas han colisionado, se detiene la transmisión, evitando seguir enviando una trama que de todas formas se ha dañado. Para avisar a las demás estaciones que se ha producido una colisión, luego de detectar la colisión, se aborta la transmisión de las tramas y se envía un patrón de 48 bits de ruido.
- En Ethernet, una vez que se produce la colisión, el tiempo de reintento aleatorio para volver a intentar transmitir la trama que colisionó, se elige a partir del algoritmo llamado "binary exponential backoff" o retroceso exponencial binario. Con este algoritmo se divide el tiempo posterior a una colisión en intervalos de  $51,2\mu s$  (micro segundos, ver parte b). Luego que se colisiona por primera vez, se crean dos intervalos de estos intervalos y las estaciones que colisionaron transmiten aleatoriamente en el primero o en el segundo. Si se vuelve a colisionar, se crean 4 intervalos, eligiéndose para transmitir el intervalo 0, 1, 2 o 3. Si hay una tercera colisión, se elige entre 8 intervalos. Esto sigue duplicando la

cantidad de intervalos posibles hasta 1024 slots o sea 16 colisiones y si no se puede transmitir se informa a las capas superiores.

- b) Explique la necesidad de estandarizar un tamaño mínimo de trama.

Para que el mecanismo de detección de colisiones funcione, es necesario que una estación pueda comparar lo que está enviando al canal con lo que aparece en el canal al "mismo" tiempo. De esta forma, si lo que aparece en el canal es lo mismo que está enviando, sabrá que no hay colisiones. Si lo que aparece en el canal es diferente a lo que se está enviando, entonces será porque otra estación está enviando señales al canal simultáneamente y la señal recibida será la suma de ambas. En este último caso se estará en presencia de una colisión.



Como se muestra en la figura, en (a) la estación A ve el canal libre y comienza a transmitir. Como hay un retardo  $\zeta$  en la propagación de la señal entre A y B, que son las estaciones que más lejos pueden estar en función del largo del cable, podría pasar que un tiempo pequeño antes de que esa señal llegue a B (en el tiempo  $\zeta - \epsilon$ ), B sense el canal, lo vea libre y comience a transmitir provocando una colisión. Pero A no se enterará de existió esa colisión hasta el instante de tiempo  $2\zeta$  en que esa señal (mezcla de las tramas de A y B) se propague hasta A. Recién allí podría detectar la colisión, pero no podrá saber si su trama llegó bien al destino.

La forma de resolver este problema es imponer que A deba transmitir durante todo el tiempo  $2\zeta$ , de modo que pueda comparar lo que está enviando con lo que está leyendo. Si ambas cosas difieren, abortará la transmisión y generará el patrón de ruido. Esta limitación en tiempo es equivalente a que deba existir un tamaño mínimo de trama.

El valor estándar de ese largo mínimo de trama se calcula para una LAN de 10 Mbps, con un largo máximo de 2500 metros entre las estaciones más lejanas a partir de la especificación de IEEE 802.3. El tiempo estimado de transmisión de la señal por un cable con esa distancia máxima y considerando el tiempo de procesamiento de hasta 4 repetidores que pueden colocarse para lograr esas distancias, es de aproximadamente  $50\mu s$ . A 10 Mbps ese tiempo corresponde a unos 500 bits, por lo que se estandarizó un tamaño mínimo de trama de 64 bytes o 512 bits. Si no hay datos suficientes para llegar a una trama de 64 bytes, está previsto en la norma usar un patrón de relleno para lograrlo.

- c) A lo largo de los años se han ido incrementando las velocidades de los estándares de Ethernet de 10 Mbps, a 100 Mbps, 1 Gbps y más. ¿Fue necesario modificar el tamaño mínimo de trama? Justifique su respuesta.

Como el cálculo del valor mínimo de trama se realizó en función de la velocidad de transmisión, en principio al cambiar la velocidad para redes de 100 Mbps habría que cambiar estos parámetros. Sin embargo para que no sea necesario cambiar este valor y poder mantener el protocolo al cambiar la velocidad, lo que se hace es restringir el tamaño máximo de la red o lo que es lo mismo la distancia máxima entre las estaciones más lejanas.

**Pregunta 5 (10 puntos)**

- a) Compare el funcionamiento de los switches (o puentes) y los hubs (o repetidores). Indique en que capa trabaja cada dispositivo.

*Los hubs o repetidores son equipos que funcionan a nivel de capa 1. Repiten las señales eléctricas que reciben por una boca hacia las demás bocas. Amplifican la señal eléctricamente pero no regeneran la trama a nivel de bits, porque no entienden los bits.*

*Los puentes o switches trabajan a nivel de capa 2. Entienden las tramas, por lo que cuando reciben una trama y deben enviarla por otra de sus bocas, la regeneran a nivel de bits, reconstruyendo el contenido binario si está degradada la señal en el medio. Generalmente los switches operan en lo que se llama el modo transparente.*

*El switch aprende de las tramas que le llegan, dónde se encuentran conectados los equipos de la red, es decir por cuál de sus bocas son accesibles. Si ve por su puerta X llegar una trama originada por la MACA, entonces aprenderá que la MACA está alcanzable a través de la boca X. Esto implica que si luego de aprender este dato llega una trama destinada a MACA, sabrá que solamente deberá enviarla por la boca X. Esto permite un uso más eficiente de la red ya que luego que el switch aprende, enviará las tramas solamente por las puertas adecuadas. Mientras el switch no sabe dónde está una determinada MAC, enviará las tramas a esa MAC por todas las puertas.*

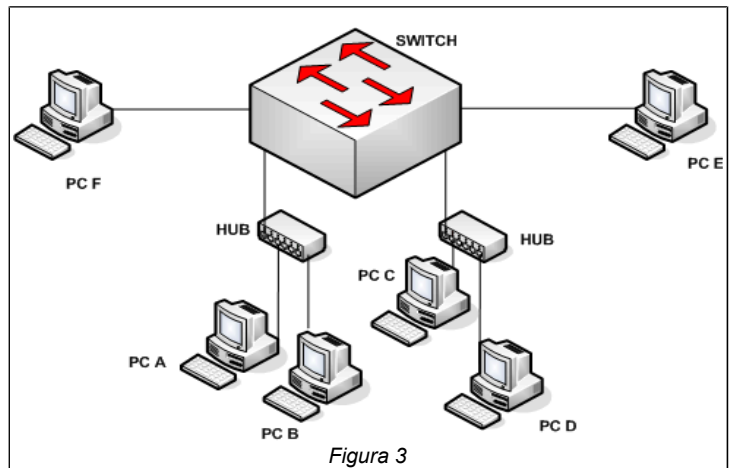


Figura 3

- b) Se dispone de un switch, dos hubs y 6 PCs conectados de acuerdo al esquema de la figura 3. Asumiendo que el switch se acaba de encender y que inmediatamente después se realizan los intercambios de tramas indicados en la siguiente tabla, complete la misma indicando qué equipos ven cada una de las tramas. Justifique su respuesta.

*De acuerdo a lo explicado anteriormente y a la configuración de la figura, la tabla se completaría de la siguiente forma:*

Secuencia	Origen → Destino	PC A	PC B	PC C	PC D	PC E	PC F
1	PC A → PC B	X	X	X	X	X	X
2	PC E → PC C	X	X	X	X	X	X
3	PC A → PC E	X	X			X	
4	PC D → PC E			X	X	X	
5	PC B → PC D	X	X	X	X		
6	PC C → FF:FF:FF:FF:FF:FF	X	X	X	X	X	X

- Cuando A envía esta trama, el HUB donde está conectado A repite la trama por la puerta donde está conectado B y por tanto B la recibe. A su vez, la repite por la boca conectada al switch. Como el switch recién se encendió, aún no sabe en qué puerta está la máquina B, entonces envía la trama por todas sus puertas, llegando a F a E y al HUB que la repite a C y D.*
- Cuando E envía esta trama estamos en una situación similar a la anterior porque el switch no sabe en qué puerta está C y por tanto la repite por todas sus puertas, llegando a través de los HUBs a todos los equipos.*
- Cuando A envía esta trama, de la trama 2, el switch sabe que puerta está E, por lo tanto esta trama la verá B (porque el HUB siempre repite) y luego la verá E, ya que el switch no la enviará por sus restantes bocas (la que conecta a F ni la que conecta el HUB donde están C y D)*
- Del mismo modo, esta trama la verá C por el HUB y E, no apareciendo en la boca que conecta a F, ni en la que conecta el HUB de A y B.*
- Cuando se envía esta trama, el switch aprendió del paso 4, en qué puerta está D y por tanto la verá A (por el HUB) y C y D por el HUB.*
- Esta trama está destinada a la dirección de broadcast de capa 2 por lo que debe llegar a todos los equipos de la red.*