

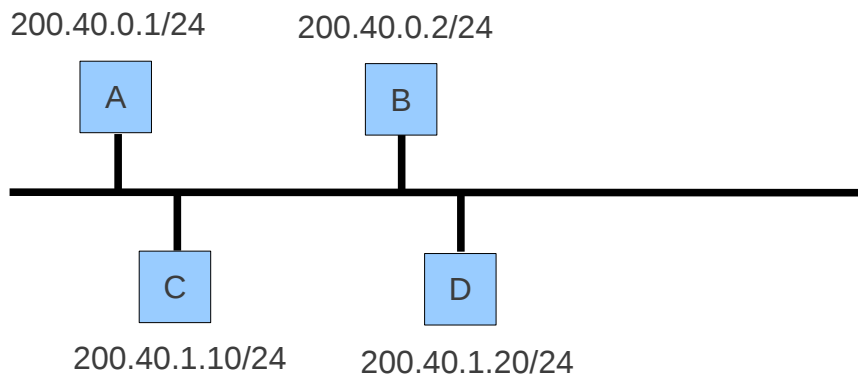
Redes de Datos

2do parcial

Solución: Esto es un esquema de los puntos fundamentales que debería contener la respuesta correcta y contiene más información que la exigida para obtener el máximo puntaje.

Pregunta 1 (12 puntos)

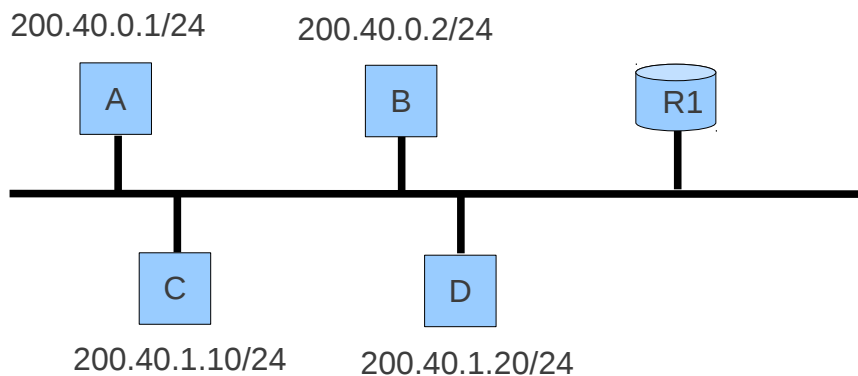
El administrador de la red esquematizada en la siguiente figura configuró las computadoras A, B, C y D con las direcciones y máscaras indicadas. Suponga para esta parte que no existen otros equipos en la red.



- a) Explique por qué es posible que la máquina A intercambie paquetes IP con la máquina B pero no es posible que la máquina A intercambie paquetes IP con la máquina C o la máquina D. Explique las decisiones y acciones que realiza A en el caso de querer enviar un paquete a B. Explique las decisiones y acciones que realiza A en el caso de querer enviar un paquete a C.

Consultando con algunos colegas le plantean al administrador dos soluciones para lograr la comunicación entre las computadoras A y B y las computadoras C y D.

- b) Solución 1: Alterar la configuración de la red modificando solamente la máscara de red en las computadoras. Indique cuál sería la modificación que solucionaría el problema de comunicación indicando detalladamente cómo soluciona el problema identificado en la parte a).
- c) Solución 2: Colocar un equipo con funcionalidad de enrutador (R1) como se muestra en la siguiente figura:



Indique en este caso una posible configuración de direcciones, máscaras y tabla de rutas en R1 para que sea posible la comunicación entre los equipos A, B, C y D. Indique si es necesario algún cambio en la configuración de los equipos A, B, C y D. Justifique su respuesta.

Respuesta Pregunta 1

- a) Las máquinas A y B están en una subred diferente a la de las máquinas C y D. El rango de direcciones IP de A y B es 200.40.0.0/24 y el de C y D es 200.40.1.0/24 y son rangos disjuntos. Cuando un equipo tiene que enviar un paquete IP a otro equipo debe consultar su tabla de rutas. Cuando A quiere enviar un paquete a B (se supone que conoce la IP de B) consultará en su tabla de rutas y encontrará que B está dentro de su mismo rango 200.40.0.0/24 (porque encuentra una entrada en su tabla de rutas que se creó automáticamente al configurar la interfaz de red de A). Sabrá entonces que tiene que enviar una trama en el mismo medio compartido para llegar a B y utilizará ARP para averiguar la dirección MAC de B. Cuando en cambio A quiere enviar un paquete a C, la entrada de su tabla de rutas que sirvió para llegar a B ya no servirá para llegar a C, porque C no pertenece a su rango. Como no hay otra ruta en la tabla de A (no hay otros equipos), entonces descartará el paquete hacia C porque no sabe para dónde encaminarlo.
- b) En la Solución 1 es necesario cambiar la máscara a /23 en las 4 máquinas. Ahora el rango 200.40.0.0/23 abarca a los 4 equipos, cuando consulten su tabla de ruta para llegar a alguno de los demás encontrarán que están en su mismo rango y la comunicación se logra usando ARP.
- c) En la Solución 2, el router R1 será el que comunicará las dos subredes. R1 deberá tener una dirección en el rango de A y B, por ejemplo 200.40.0.254 y otra dirección en el rango de C y D, por ejemplo 200.40.1.254. Al configurar esas dos IPs (en la misma interfaz de red de R1), R1 sabrá que las redes 200.40.0.0/24 y 200.40.1.0/24 están directamente conectadas y sabrá encaminar tráfico entre ellas. Resta configurar en A y B una ruta por defecto a 200.40.0.254 y en B y C una ruta por defecto a 200.40.1.254. De este modo las direcciones destino que no pertenezcan al rango propio serán encaminadas a R1, que las hará llegar a destino.

La tabla de rutas de A o B sería:

Destino	Próximo Salto
200.40.0.0/24	Red local directamente conectada
0.0.0.0/0 (o ruta específica a 200.40.1.0/24)	200.40.0.254 (IP de R1 dentro de su rango)

La tabla de rutas de C o D sería:

Destino	Próximo Salto
200.40.1.0/24	Red local directamente conectada
0.0.0.0/0 (o ruta específica a 200.40.0.0/24)	200.40.1.254 (IP de R1 dentro de su rango)

La tabla de rutas de R1

Destino	Próximo Salto
200.40.0.0/24	Red local directamente conectada
200.40.1.0/24	Red local directamente conectada

Pregunta 2 (6 puntos)

- a) Explique en qué consiste el entramado (enmarcado o framing) en capa de enlace de datos y por qué es necesario.
- b) Particularmente explique en detalle el mecanismo de entramado orientado a caracteres visto en clase, indicando cómo se logra la transparencia de los datos.

Respuesta Pregunta 2

- a) La capa 2 recibe una unidad de datos de capa de red y debe enviarla usando los servicios de la capa física. Como cualquier capa física tiene cierta tasa de errores, la capa 2 debe controlar esos errores. Un flujo de muchos bits, dependiendo de la tasa de errores del canal, podría sufrir alteraciones que imposibilitaran su transmisión correctamente. Con el entramado se divide ese flujo en unidades más pequeñas llamadas tramas, se realiza el control de errores sobre cada una de esas unidades y en caso que alguna sufra errores de transmisión podrá descartarse solamente esa trama errónea y eventualmente solicitarse una retransmisión. El entramado es entonces la técnica para hacer la división de los datos en tramas de tamaño acotado sobre las que sea posible implementar un mecanismo de control de errores.

También el entramado es importante si se quiere aplicar algún mecanismo de control de flujo o en general algún mecanismo de comunicación confiable con acuses de recibo.

- b) *El método de entramado orientado a caracteres consiste en preceder los datos a enviar en la trama por una bandera de inicio compuesta de los caracteres ASCII: DLE (Data Link Escape) y STX (Start of Text) y al agregar al final de los datos otra bandera compuesta por los caracteres DLE y ETX (End of Text). Es decir que para enviar los datos D1 a D5, la trama generada sería DLE STX D1 D2 D3 D4 D5 DLE ETX. El método podría fallar si entre los datos Dx apareciera la combinación DLE STX o DLE ETX, ya que daría lugar a confusiones en el receptor acerca de los límites de la trama. Como debe asumirse que los datos de la capa superior son aleatorios, entonces la capa de enlace debe proveer algún mecanismo que garantice que el método funciona en todos los casos. Esto es lo que se conoce como transparencia de los datos. Lo que hace este método para lograr la transparencia es implementar el mecanismo de inserción de caracteres. Este mecanismo consiste en revisar los datos de la capa superior antes de agregar las banderas para detectar la presencia de caracteres DLE que puedan afectar la detección de la trama. Si en los datos aparece un DLE, entonces se inserta otro DLE quedando dos DLE seguidos. De esta forma ya no es necesario contemplar la existencia de los caracteres STX y ETX. Luego de duplicados los eventuales DLE, se agregan las banderas de principio y fin detalladas anteriormente. El receptor a medida que le van llegando los datos revisará y si encuentra un DLE mirará el siguiente carácter para decidir. Si lo que sigue al DLE es un STX detectará el comienzo de trama. Si lo que sigue es un ETX detectará un fin de trama. Si lo que sigue al DLE es otro DLE, retirará uno de los DLE. La desventaja que tiene el método es que está pensado solo para caracteres de 8 bits y contenido ASCII.*

Pregunta 3 (10 puntos)

- a) Explique la necesidad de disponer de direcciones de capa de enlace (por ejemplo Ethernet) y direcciones de capa de red (por ejemplo IP) en redes de difusión. ¿Por qué no se usa solamente un esquema de numeración?
- b) ¿Cuál es el propósito del protocolo ARP? ¿En qué tipos de tecnologías de red se aplica? Describa detalladamente el funcionamiento principal del protocolo ARP (Address Resolution Protocol) incluyendo el significado de los mensajes intercambiados así como los valores relevantes de los campos.
- c) Explique el cometido de la funcionalidad de ARP gratuito (cuando un equipo se enciende) y los mensajes que se generan.

Respuesta Pregunta 3

- a) *Son necesarios dos esquemas de direccionamiento porque cumplen funciones diferentes. Las direcciones de capa MAC identifican un equipo en una LAN y las de capa 3 identifican un equipo en la red global. Hay equipos que no poseen direcciones MAC porque no tienen ese tipo de interfaz de red y hay varios tipos de redes de capa 3 además de IP, por lo que una solución con un único tipo de direcciones no sería viable en todos los casos. Finalmente se violaría la independencia de capas si se usaran las mismas direcciones para dos funciones diferentes.*
- b) *ARP se utiliza en redes con medios compartidos y permite simplificar la administración de la red. Cuando un equipo necesita armar una trama de capa MAC debe conocer la MAC de destino a quién se desea enviar la trama. El originador típicamente sabrá la dirección de capa de red a la que debe enviar el paquete, pero desconocerá la dirección MAC. Se requiere entonces una tabla que tenga la correspondencia entre las direcciones MAC y las direcciones de capa de red. ARP es un protocolo que automatiza la creación de esta tabla. Para implementar esto, cuando un equipo A quiere enviar un paquete al equipo B que está en su misma LAN, envía un mensaje ARP preguntando "¿quién tiene IPB?". El mensaje se envía en una trama que tendrá: MAC de origen: MACA y MAC de destino: FF:FF:FF:FF:FF:FF (dirección de broadcast de MAC, todos los equipos de la red deben procesarla). En el contenido del mensaje ARP aparecerá la IPB buscada y la MACA y la IPA. Estos dos últimos datos son necesarios para que el receptor aprenda la correspondencia de A por si posteriormente debe comunicarse con ese equipo. Todos los equipos de la red reciben esta consulta ARP pero solamente B tiene configurada la IPB y por tanto solamente B responderá con un mensaje ARP con MAC de origen: MACB, MAC de destino: MACA (observar que ya no se envía información a todos los equipos, no hay broadcast en la respuesta). Dentro del mensaje ARP aparecerá la correspondencia MACB, IPB.*

De esta forma A obtiene la MAC de B (MACB) y ahora podrá enviarle la información que desee. También con este intercambio de dos mensajes ARP, B obtiene la MACA por si desea también enviar información a A.

Observar que los mensajes ARP no son transportados sobre paquetes IP.

Las correspondencias entre direcciones IP y direcciones MAC aprendidas se almacenan en una tabla de ARP durante un tiempo para evitar tener que intercambiar siempre los mensajes indicados anteriormente. No se almacenan para siempre porque las máquinas pueden darse de baja y para no mantener información innecesaria que enlentezca la búsqueda en la tabla.

- c) *El ARP gratuito es una consulta que realizan los equipos al encenderse preguntando por su propia IP. El mecanismo se utiliza para confirmar si hay IPs duplicadas en la red. Normalmente el equipo envía 3 consultas que nadie debería responder y luego contesta él mismo enviando la respuesta a la dirección de broadcast de modo que si algún equipo de la red, tenía una entrada para él en su tabla de ARP, la actualice.*
Si algún equipo responde es porque la dirección IP está duplicada en la red y se enviará un mensaje informando del error.

Pregunta 4 (4 puntos)

- a) En una red medianamente compleja con varias subredes y varios enrutadores, indique al menos dos aspectos que sería importante tomar en cuenta para elegir la utilización de un protocolo de ruteo de vector distancia (por ejemplo RIP) o de un protocolo de ruteo de estado del enlace (por ejemplo OSPF). Justifique su respuesta.

Respuesta Pregunta 4

- a) *Los protocolos de vector distancia son más simples y por tanto requieren menos capacidad de procesamiento y memoria en los enrutadores que los protocolos de estado del enlace.*
Los protocolos de vector distancia intercambian más información entre los routers que los de estado del enlace, por lo que los primeros cargan más la red con tráfico de gestión.
Los protocolos de vector distancia son afectados por el problema del conteo a infinito que aún utilizando la técnica del horizonte dividido pueden afectar a las redes con caminos alternativos (que puedan tener loops o bucles).
Por tanto si la red tiene múltiples caminos (hay más de un camino posible para llegar a algún destino) o si preocupa el tráfico agregado del protocolo de ruteo habría que optar por un protocolo de estado del enlace aunque requiera mayor capacidad en los enrutadores.
Si en cambio no hay caminos múltiples se podría optar por un protocolo de vector distancia que si bien generará un poco más de tráfico de gestión, no cargará tanto los enrutadores.

Pregunta 5 (12 puntos)

- a) ¿Por qué es necesario implementar mecanismos de control de error en capa de enlace?
- b) Compare los mecanismos de detección de errores frente a los mecanismos de corrección de errores. ¿En qué casos utilizaría unos u otros? Justifique su respuesta.
- c) Detalle los principios de funcionamiento de la técnica de control de errores de códigos polinómicos o códigos de redundancia cíclica (CRC), indicando a que tipo de mecanismo de los indicados en la parte b) corresponde. Indique en qué casos el receptor detectará una trama como incorrecta.

Respuesta Pregunta 5

- a) *Es necesario implementar mecanismos de control de error en capa de enlace porque todos los medios físicos tienen tasas de error no nulas y por tanto para asegurarse que los datos llegan correctamente a destino es necesario tener mecanismos para al menos detectar eventuales errores.*
- b) *Los mecanismos de detección de errores agregan redundancia suficiente a los datos como para poder detectar la presencia de errores.*
Los mecanismos de corrección de errores requieren más redundancia (más bits agregados) ya que permiten no solamente detectar la presencia de errores, sino también saber cuáles son los bits alterados y por tanto pueden corregirlos.

La elección del mecanismo depende de la tasa de error del medio ya que si los errores son poco probables, un mecanismo de detección y eventualmente una retransmisión de los datos que no llegaron correctamente logrará una transmisión exitosa con menos redundancia.

Si en cambio la tasa de errores es alta o no tengo canal de retorno para solicitar retransmisiones, puede ser más efectivo utilizar mecanismos de corrección de errores.

- c) La técnica de CRC es una técnica de detección de errores que se basa en considerar los mensajes de bits a enviar como coeficientes de un polinomio en x . Por ejemplo el mensaje 10110 correspondería al polinomio $1x^5 + 0x^4 + 1x^2 + 1x^1 + 0x^0$. Se utiliza suma binaria sin acarreo por lo que $0+0=0$, $1+0=0+1=1$ y $1+1=0$. Por tanto sumar y restar es lo mismo y corresponden a la operación lógica XOR.

El transmisor y receptor se ponen de acuerdo en un polinomio generador $P(x)$ de grado r , siendo necesario que los coeficientes de mayor y menor orden no sean nulos y que r sea menor que el largo de los mensajes a transmitir.

La idea es que los bits a transmitir se correspondan con un polinomio divisible entre $P(x)$ de modo que, si el receptor al dividir el polinomio correspondiente a los bits recibidos entre $P(x)$, obtiene un resto no nulo (un polinomio no divisible), podrá asumir que hubo errores en la transmisión.

Para construir el mensaje a transmitir de modo que corresponda con un polinomio divisible, se realiza el siguiente procedimiento. Si los bits a transmitir corresponden con el mensaje $M(x)$, se multiplica este polinomio por x^r obteniéndose el polinomio $x^r M(x)$. Este polinomio así generado se divide entre $P(x)$, obteniéndose un cociente y un resto $R(x)$ que tiene menos de r bits.

Se cumplirá entonces que: $x^r M(x) = P(x) \cdot d(x) + R(x)$ o lo que es lo mismo $x^r M(x) - R(x) = P(x) \cdot d(x)$.

Entonces $T(x) = x^r M(x) - R(x)$ es un polinomio divisible entre $P(x)$ y será el polinomio a transmitir (o más precisamente, los coeficientes de ese polinomio serán los bits a transmitir).

Como sumar y restar en la aritmética usada es lo mismo y como $x^r M(x)$ tiene 0 en todos los coeficientes menores que r y $R(x)$ solamente tiene coeficientes en las posiciones menores que r , entonces la suma corresponde a la concatenación de los bits de $M(x)$ con los bits de $R(x)$ y así se simplifica el agregado de los bits de redundancia ($R(x)$) a los datos ($M(x)$).

El receptor recibirá un conjunto de bits correspondientes a un polinomio $G(x)$ que se puede expresar como $G(x) = T(x) + E(x)$ donde $E(x)$ tendrá coeficientes 1 en los bits alterados en la transmisión.

El receptor calculará el resto de dividir $G(x)$ entre $P(x)$ y si el resto le da 0 sabrá que la transmisión fue correcta. Si el resto es diferente de 0 sabrá que hubo errores.

Como el resto de dividir $G(x)$ entre $P(x)$ es la suma del resto de dividir $T(x)$ entre $P(x)$ con el resto de dividir $E(x)$ entre $P(x)$ y como $T(x)$ era divisible por construcción, entonces si hay errores y pasan inadvertidos, será solamente si el resto de $E(x)$ entre $P(x)$ es 0.

Entonces se tratará de elegir el $P(x)$ para que detecte los errores más probables.

Pregunta 6 (6 puntos)

- a) ¿Qué diferencias hay en el funcionamiento de los "hubs" o repetidores en comparación con el funcionamiento de los "switches" o puentes?
- b) Explique detalladamente cómo funcionan los switches o puentes transparentes.

Respuesta Pregunta 6

- a) Los "hubs" son repetidores de la señal eléctrica y solamente regeneran la señal recibida por una interfaz hacia las demás. Son dispositivos de capa 1.

Los "switches" interpretan la información a nivel de capa 2, entienden el formato y el direccionamiento de las tramas. Tienen tablas de direcciones MAC asociadas a cada una de sus interfaces lo que les permite enviar la información solamente a la interfaz donde está el equipo destinatario de la trama sin interferir con los equipos que se encuentren conectados en otras interfaces. Se establecen entonces diferentes dominios de colisión en cada interfaz mejorando la eficiencia de la red.

- b) Un switch o puente transparente aprende a partir de las tramas que recibe por sus interfaces, las direcciones MAC de los equipos conectados a cada una de ellas. Si el switch recibe una trama por la interfaz 3 con MAC de origen MAC2 almacenará esa correspondencia en su tabla de MACs. Cuando reciba una trama por cualquiera de sus interfaces destinada a MAC2 solamente la enviará por la interfaz 3 disminuyendo el tráfico innecesario en la red.

Estas tablas tendrán un tiempo de vida y la entrada de la MAC2 expirará de no recibirse tramas con esa MAC de origen en un cierto tiempo. La idea es no mantener entradas innecesariamente en la tabla lo que enlentecería la consulta.