

Redes de Datos

1er 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 (4 puntos)

Defina los siguientes términos y el contexto en que se aplican en el modelo de capas utilizado para el análisis y diseño de las redes de datos:

- a) Entidad
- b) Protocolo
- c) Interfaz
- d) Servicios

Respuesta Pregunta 1

El modelo de capas utilizado para el análisis y diseño de las redes de datos plantea la división del problema complejo de interconexión de sistemas heterogéneos, en problemas más pequeños, más acotados y por tanto de más fácil solución. Para que esto pueda aplicarse es necesario organizar las funciones involucradas en capas o grupos de acuerdo a una estructura vinculada a los diferentes niveles de abstracción en que puede analizarse el problema.

Es entonces importante definir una serie de conceptos asociados al modelo de capas. En particular:

- a) *Se define como **entidad** a las unidades activas dentro de una capa. Las entidades pueden ser piezas de hardware o de software que implementan las funciones de esa capa.*
- b) *Los equipos de los extremos de la red que quieren intercambiar información tendrán organizadas sus funciones en varias capas. En cada capa habrá una o más entidades que implementarán las funciones específicas de cada capa. Las entidades del mismo nivel de la arquitectura en la máquina origen y en la máquina destino, dialogan virtualmente entre sí utilizando **protocolos** y las llamamos entidades pares. Por ejemplo la capa 3 de la máquina A dialoga con la capa 3 de la máquina B a través del protocolo de la capa 3. Se dice que el diálogo es virtual porque no hay una comunicación directa entre las capas, sino que la comunicación real (por donde pasan los bits) se realiza de modo vertical dentro de cada uno de los extremos y circulando en definitiva por el o los medios físicos que interconectan los extremos. Los protocolos son entonces las reglas sintácticas y semánticas que definen el intercambio de información entre entidades pares.*
- c) *Entre las capas dentro de una misma máquina es necesario intercambiar información, siendo la **interfaz** esa la frontera. Esta interfaz debe permitir que la entidad de la capa N+1 intercambie información con la entidad de la capa N para utilizar los servicios que esta última provee.*
- d) *Los **servicios** son entonces las funcionalidades que la capa N ofrece a la capa N+1. Por ejemplo la capa 4 del modelo TCP/IP ofrece los servicios implementados por TCP y UDP para que la capa de aplicación pueda usarlos. Cada aplicación elegirá si desea usar el servicio que brinda TCP o el que brinda UDP en base a la tarea que desee realizar. El servicio se accede en un punto de acceso (SAP, service access point) disponible en la interfaz entre esas capas.*

Pregunta 2 (14 puntos)

Una pequeña empresa uruguaya del rubro automotriz desea disponer una página propia en Internet, para lo que contrata los servicios de un proveedor de alojamiento de sitios web internacional cuyos servidores están físicamente en Canadá (Servidor web para alojar el sitio: webhosting.ispcanada.ca)

La empresa no tiene un departamento de informática, por lo que el diseño y desarrollo de sus sistemas informáticos son contratados con una empresa con oficinas en Argentina. A esta misma empresa se le contrata el diseño de la página y la gestión del dominio DNS autorep.com.uy que se alojará en su servidor ubicado en Argentina (Servidor de DNS de la empresa informática: ns.globalcom.com.ar)

- a) Explique el mecanismo de delegación de autoridad de las zonas en el sistema de nombres de dominio DNS. En particular indique ante la autoridad de qué dominio o sub dominio se debe tramitar el pedido de uso del dominio autorep.com.uy.

- b) ¿Qué tipo de registro DNS se utiliza para implementar la delegación de autoridad? En particular, cuál sería el valor de esos registros para el caso del ejemplo detallado y en qué servidor sería necesario configurarlos.
- c) Explique detalladamente la secuencia de consultas DNS que se realizan cuando un usuario desde Paraguay intenta acceder a la dirección **www.autorep.com.uy**. Indique en cada consulta el servidor origen de la consulta, el destino de la misma y la información que aparece en la consulta o respuesta según corresponda. Indique los tipos de registro DNS utilizados en cada caso. Suponga que los servidores de .uy, .com.uy, .ar, .com.ar, .ca no responden consultas recursivas.

Nota: tenga en cuenta que los proveedores de alojamiento de sitios web tienen varios servidores y alojan varios sitios en cada servidor, por lo que una vez alojada la página en el sitio del proveedor, lo habitual es poner un alias del sitio a alojar (en este caso www.autorep.com.uy) apuntando al nombre del sitio de hosting (en este caso webhosting.ispcanada.ca). El servidor web sabe diferenciar por la forma en que el navegador solicita la página a qué sitio web debe redirigir el pedido.

Respuesta Pregunta 2

- a) *En el sistema de nombres de dominio DNS, se establece una organización jerárquica de las etiquetas o nombres de dominio. Queda entonces determinado un árbol de etiquetas que tiene como raíz el "." y del cual cuelgan dominios de primer nivel. Los dominios de primer nivel se clasifican en dominios genéricos (.com, .gov, .mil, .edu, .org, etc) y dominios (de dos letras) asignados a los países (.ar, .uy, .co, .uk, .jp, etc). De los dominios de primer nivel cuelgan a su vez dominios o sub-dominios de segundo nivel y así sucesivamente.*
- Las hojas de ese árbol de etiquetas tienen asociados registros. Por ejemplo, asociado al dominio autorep,.com.uy puede haber varios tipos diferentes de registro (A, NS, MX, CNAME, etc).*
- Como la gestión de todo ese árbol de nombres no puede ser centralizada (principalmente por confiabilidad) se implementa mediante una base de datos distribuida. Es decir que la información reside en varias máquinas de la red. La distribución del contenido de recursos asociados a cada dominio se realiza mediante un sistema de delegación. El sistema funciona de modo que los dominios de primer nivel delegan a los dominios de segundo nivel la gestión de una parte del árbol y así sucesivamente.*
- A modo de ejemplo, el dominio de primer nivel .uy correspondiente a Uruguay está delegado a la Universidad de la República la que lo administra a través de su Servicio Central de Informática (SeCIU). SeCIU administra directamente los subdominios .edu.uy, .mil.uy, .org.uy, etc. y delega en ANTEL la administración del dominio de uso comercial .com.uy.*
- En el caso del dominio **autorep.com.uy** dependerá de la administración del .com.uy y ante esta autoridad será necesario gestionar su uso.*
- b) *Para implementar el mecanismo de delegación de autoridad sobre una zona, se utiliza el registro de tipo **NS**, Name Server, que especifica cuál es el servidor de nombres donde está la información autorizada (o autoritativa) de un determinado subdominio.*
- Entonces, por ejemplo, los servidores raíz (root servers) para delegar la gestión del .uy a SeCIU tienen asociado al dominio .uy un registro NS que dice cuál es el nombre del servidor de nombres de .uy. Sería algo del tipo (más allá que los nombres son inventados):*
- | | | | | |
|----|-----|----|----|-------------|
| uy | TTL | IN | NS | ns.seciu.uy |
|----|-----|----|----|-------------|
- Un registro DNS en general tiene una etiqueta (en el ejemplo .uy) a la cual se asocia un tiempo de vida de dicha información (TTL, un valor numérico en segundos), una familia de direcciones (siempre IN, de Internet), un tipo de registro (en el caso NS) y un valor (en el ejemplo ns.seciu.edu.uy, el nombre del servidor de nombres autoritativo de .uy).*
- Del mismo modo, los servidores de ANTEL que alojan el dominio .com.uy, tendrán una indicación, usando registros NS por la cual delegan la administración del dominio autorep.com.uy al servidor de DNS de la empresa argentina ns.globalcom.com.ar que es el autoritativo de ese dominio.*
- Entonces, para implementar la delegación de este dominio, habrá que **configurar en el servidor DNS de ANTEL** el siguiente registro NS:*
- | | | | | |
|-----------------------|------------|-----------|-----------|----------------------------|
| autorep.com.uy | TTL | IN | NS | ns.globalcom.com.ar |
|-----------------------|------------|-----------|-----------|----------------------------|
- c) *La secuencia de consultas cuando un usuario en Paraguay quiere acceder a la página **www.autorep.com.uy** sería la que se indica en la tabla de la página siguiente.*

#	Origen	Destino	Consulta	Comentarios
1	IPCientePY	NSLocalPY	Cuál es el registro A asociado a www.autorep.com.uy?	IPCientePY es la IP del usuario en Paraguay (PY). NSLocalPY es el DNS recursivo que tiene configurado el usuario
2	NSLocalPY	Root Server	Cuál es el registro A asociado a www.autorep.com.uy?	Root Server es alguno de las IP de root servers que el NSLocalPY tiene preconfiguradas. Siempre se consulta por lo que buscamos por las dudas de que alguien lo tenga en su caché o sea autoritativo de ese nombre. Las búsquedas siempre comienzan por los root servers
3	Root Server	NSLocalPY	El registro NS asociado a uy es ns.seciu.edu.uy. El registro A asociado a ns.seciu.edu.uy es la IP: IPNSuy	Los root servers no responden recursivamente por lo que la respuesta será una indicación para que NSLocalPY continúe la búsqueda. La respuesta es el nombre del servidor de nombres (NS) de uy y como información adicional la IP. En este caso la IP es necesaria (registro A), porque como el nombre del NS está dentro de .uy, la forma de obtener la IP asociada a ese nombre implicaría volver a consultar al root server.
4	NSLocalPY	IPNSuy	Cuál es el registro A asociado a www.autorep.com.uy?	
5	IPNSuy	NSLocalPY	El registro NS asociado a com.uy es ns.antel.com.uy. El registro A asociado a ns.antel.com.uy. es la IP: IPNScomuy	Suponemos acá que IPNSuy no responde consultas recursivas. La respuesta indica cómo seguir la búsqueda Como ns.antel.com.uy está dentro de .uy, se agrega el registro A como información adicional para continuar la búsqueda.
6	NSLocalPY	IPNScomuy	Cuál es el registro A asociado a www.autorep.com.uy?	
7	IPNScomuy	NSLocalPY	El registro NS asociado a autorep.com.uy es ns.gobalcom.com.ar.	El administrador del .com.uy de acuerdo a lo detallado en la parte b) tendrá el registro NS apuntando al servidor de nombres que es autoritativo de autorep.com.uy que es ns.globalcom.com.ar. En este caso, este nombre no está dentro de .com.uy por lo que ANTEL no puede brindar información sobre ns.globalcom.com.ar. Solamente le da el nombre del NS y el NSLocalPY tendrá que buscarlo en el árbol DNS.
8	NSLocalPY	Root Server	Cuál es el registro A asociado a ns.gobalcom.com.ar?	Como le devolvieron un nombre y necesita la IP del servidor de nombres para consultarlo, debe averiguarla en el DNS y cómo no sabe nada de .ar aún, entonces debe comenzar la búsqueda por los root servers.
9	Root Server	NSLocalPY	El registro NS asociado a ar es ns.ar. El registro A asociado a ns.ar es la IP: IPNSar	Los root servers no responden recursivamente por lo que la respuesta será una indicación para que NSLocalPY continúe la búsqueda. La respuesta es el nombre del servidor de nombres (NS) de ar y como información adicional la IP. En este caso la IP es necesaria (registro A), porque como el nombre del NS está dentro de .ar (sería lo razonable), la forma de obtener la IP asociada a ese nombre implicaría volver a consultar al root server.
10	NSLocalPY	IPNSar	Cuál es el registro A asociado a ns.gobalcom.com.ar?	
11	IPNSar	NSLocalPY	El registro NS asociado a com.ar es ns.com.ar El registro A asociado a ns.com.ar. es la IP: IPNScomar	Suponemos acá que IPNSar no responde consultas recursivas. La respuesta indica cómo seguir la búsqueda Como ns.com.ar está dentro de .ar (lo más razonable), se agrega el registro A como información adicional para continuar la búsqueda.
12	NSLocalPY	IPNScomar	Cuál es el registro A asociado a ns.gobalcom.com.ar?	
13	IPNScomar	NSLocalPY	El registro NS asociado a globalcom.com.ar es ns.globalcom.com.ar El registro A asociado a ns.globalcom.com.ar. es la IP: IPNSglobalcom	Suponemos acá que IPNScomar no responde consultas recursivas. La respuesta indica cómo seguir la búsqueda Como ns.gobalcom.com.ar está dentro de com.ar, se agrega el registro A como información adicional para continuar la búsqueda.
14	NSLocalPY	IPNSglobalcom	Cuál es el registro A asociado a www.autorep.com.uy?	Ahora que disponemos de la IP del servidor de nombres ns.globalcom.com.ar podemos consultarlo por el registro A asociado a www.autorep.com.uy que era lo que buscamos.
15	IPNSglobalcom	NSLocalPY	www.autorep.com.uy es un CNAME a webhosting.ispcanada.ca.	Como se menciona en la nota al final de la pregunta, el registro www.autorep.com.uy es un alias (registro CNAME) que apunta al sitio donde está alojado el web.

				Como webhosting.ispcanada.com.ca está fuera de la autoridad de globalcom.com.ar, no se tiene información de la IP asociada a ese nombre a este nivel.
16	NSLocalPY	Root Server	Cuál es el registro A asociado a webhosting.ispcanada.ca?	NSLocalPY tiene que salir a buscar al root server el registro A del sitio de hosting, ya que no tenía información previa sobre nada de .ca.
17	Root Server	NSLocalPY	El registro NS asociado a ca es ns.ca. El registro A asociado a ns.ca es la IP: IPNSca	Los root servers no responden recursivamente por lo que la respuesta será una indicación para que NSLocalPY continúe la búsqueda. La respuesta es el nombre del servidor de nombres (NS) de ca y como información adicional la IP. En este caso la IP es necesaria, porque como el nombre del NS está dentro de .ca (sería lo razonable), la forma de obtener la IP asociada a ese nombre implicaría volver a consultar al root server.
18	NSLocalPY	IPNSca	Cuál es el registro A asociado a webhosting.ispcanada.ca?	Para simplificar el procedimiento suponemos que IPNSca responde consultas recursivas y por tanto nos dará como respuesta lo que estamos buscando. No se indican las consultas de IPNSca para obtener el registro A para simplificar.
19	IPNSca	NSLocalPY	El registro A asociado a webhosting.ispcanada.ca es la IP: IPISPCA	IPNSca responde con la IP que necesitamos para resolver el CNAME de www.autorep.com.uy
20	NSLocalPY	IPCientePY	El registro A asociado a www.autorep.com.uy es IPISPCA	El servidor local le responde al cliente la IP del ISP en Canadá que aloja la página de www.autorep.com.uy

Para una respuesta de puntaje máximo se admitía como correcto que en vez de asignar un CNAME a www.autorep.com.uy en el ns.globalcom.com.ar, se asignara directamente la IP del ISP de Canadá, con lo que no eran necesarias algunas de las siguientes consultas.

Pregunta 3 (8 puntos)

- Detalle las características de los servicios orientados a conexión y no orientados a conexión.
- Detalle las características de los servicios confiables y no confiables.
- ¿Cómo se clasifican los protocolos TCP y UDP de la arquitectura de Internet en función de las clasificaciones de las partes a) y b)? Justifique su respuesta.
- ¿Cómo se reflejan la diferencias entre TCP y UDP en los encabezados de ambos protocolos?

Respuesta Pregunta 3

- Un servicio **orientado a conexión** es aquel en que se requiere una fase previa al envío de datos (fase de establecimiento de conexión) y una fase posterior al envío de datos (fase de corte o liberación de conexión). Se diferencian entonces tres fases o estados de la comunicación: establecimiento, intercambio de datos y liberación.
Los servicios **no orientados a conexión** no requieren estas fases indicadas anteriormente y simplemente envían los datos al destino.
En el caso de los servicios orientados a conexión, de alguna forma garantizan que el destinatario está dispuesto a recibir la información (si es que acepta la conexión) y permiten el establecimiento de parámetros de la comunicación y eventualmente reserva de recursos.
- Los servicios **confiables** son aquellos donde se garantiza la entrega de información en el receptor. Para esto es necesario proveer mecanismos que permitan identificar si las unidades de datos llegaron al destino, si llegaron una sola vez y saber distinguir información que eventualmente pueda llegar duplicada. Típicamente requieren algún mecanismo de control de secuencia de mensajes y control de errores, así como un mecanismo de retransmisión de los datos para el caso que haya errores.
Los servicios **no confiables** no garantizan el secuenciamiento y no tienen por que siquiera garantizar la entrega al destino.
- TCP es un protocolo **orientado a conexión y confiable** ya que provee de un mecanismo de establecimiento y corte de conexión, así como los mecanismos de control de secuenciamiento necesarios para garantizar que el flujo de información sea correcto de origen a destino. TCP garantiza un flujo confiable de bytes de origen a destino.
UDP es un protocolo **no orientado a conexión y no confiable** ya que no dispone de mecanismos para implementarlos.

- d) Las diferencias de ambos protocolos se reflejan en que TCP tiene un tamaño mayor de encabezado ya que además de los puertos necesarios para el direccionamiento, debe proveer los mecanismos de secuenciamiento y control (número de secuencia, número de reconocimiento, bandera de reconocimiento, checksum) para garantizar la secuencia confiable de bytes. Asimismo dispone de campos destinados al establecimiento y fin de conexión (bandera de SYN y FIN respectivamente).
 UDP no tiene las funcionalidades de TCP y por tanto su encabezado es de menor tamaño, prácticamente tiene los puertos de origen y destino de la comunicación y poca información más en su encabezado.

Pregunta 4 (4 puntos)

- a) Explique en detalle el fin de conexión en TCP, indicando cómo se usan los campos y banderas relevantes del encabezado. Utilice un ejemplo para apoyar la explicación.

Respuesta Pregunta 4

- a) En general una conexión TCP (inherentemente bidireccional) puede verse como dos conexiones unidireccionales y el fin de conexión en TCP permite cortar cada una de esas conexiones unidireccionales en forma independiente.

Cuando el extremo A de la conexión desea cortar, envía un segmento con la bandera de FIN encendida (FIN=1) hacia el extremo B. Esto significa que A no desea seguir enviando datos (carga útil en el segmento) hacia B.

En el caso general, B confirmará esa solicitud como cualquier otra confirmación (solamente con la bandera de ACK encendida y el campo de reconocimiento con el valor adecuado).

B podría seguir enviando datos que A continuaría acusando una vez que A decidió cortar.

Finalmente cuando B decide cortar, enviará un segmento con la bandera de FIN=1 que será acusado por A.

Segmento 1 (A decide cortar):

FIN=1, Secuencia=x, Bandera ACK=1, Reconocimiento=y

Segmento 2 (B confirma):

FIN=0, Secuencia=y, Bandera ACK=1, Reconocimiento=x+1

(observar que se pierde un número de secuencia al cortar)

Segmentos (i, ii), eventuales segmentos de datos enviados por B y acusados por A

Segmento 3 (B decide cortar):

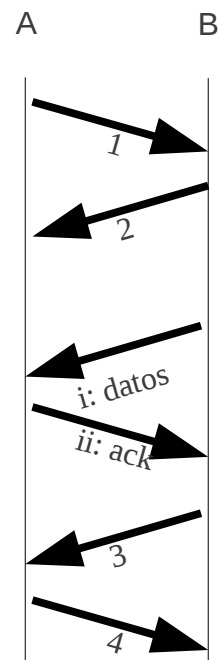
FIN=1, Secuencia=z, Bandera ACK=1, Reconocimiento=x+1

(secuencia z dependiendo de cuántos más bytes haya enviado B antes de decidir cortar)

(reconocimiento x+1 porque A no envió más datos desde que decidió cortar, eso significa cortar!)

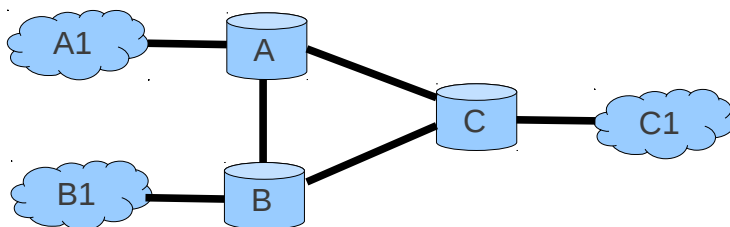
Segmento 4 (A confirma):

FIN=0, Secuencia=x+1, Bandera ACK=1, Reconocimiento=z+1



Pregunta 5 (10 puntos)

- a) Explique la función que cumplen los protocolos de ruteo dinámico estableciendo ventajas y desventajas de su utilización
- b) Explique en detalle el funcionamiento de los protocolos de ruteo dinámico pertenecientes a la familia de **vector distancia**.
- c) En la topología de red de la siguiente figura, explique el problema del conteo a infinito (característico de la familia de los protocolos de vector distancia) en el caso que se pierda la conexión con la red **C1**.



Respuesta Pregunta 5

- a) La tabla de rutas indica los destinos que pueden alcanzarse desde un cierto enrutador o equipo. Se incluye en la tabla el mejor camino para llegar a cada destino.

La tabla de rutas puede configurarse manualmente o con la ayuda de los protocolos de enrutamiento dinámico. Por lo tanto la función principal de los protocolos de enrutamiento dinámico es la de armar la tabla de rutas.

La ventajas de utilizar protocolos de enrutamiento dinámico es que se aprenden los destinos alcanzables y automáticamente se cambian las mejores rutas en caso que varíen. No requieren atención administrativa más que para configurarlos inicialmente o para diagnosticar problemas.

Como desventaja puede indicarse que requieren una mayor capacidad de procesamiento y memoria en los equipos que lo implementan (routers típicamente). También generan tráfico adicional a la red por el intercambio de información que requieren.

En redes de mediano y gran tamaño son una herramienta ineludible, mientras que en redes pequeñas el enrutamiento manual puede ser suficiente.

- b) En la familia de protocolos de vector distancia, cada equipo envía a sus vecinos la información de los destinos que conoce y la distancia que posee para llegar a ellos. Cuando un equipo recibe la información de destinos y distancias (vector) de todos sus vecinos, establece mediante una simple suma de la distancia que dice el vecino que tiene con un destino más su distancia al vecino, cuál sería su distancia a cada destino a través de cada vecino que le informe cómo llegar a él. Agregará entonces en su tabla de rutas, una entrada para cada destino alcanzable a través del vecino con el que obtenga la menor distancia.

El algoritmo sería:

- Inicialmente cada nodo conoce los destinos directamente conectados con sus distancias.
- Informa eso a todos sus vecinos
- Con la información que recibe de los vecinos y teniendo en cuenta su distancia a esos vecinos, determina los mejores caminos para llegar a los destinos aprendidos
- Informa su nueva tabla de rutas y distancias a todos los vecinos

De este modo va aprendiendo secuencialmente cómo llegar a todos los destinos disponibles en la red.

Esta familia de protocolos presenta el problema del conteo a infinito. Básicamente el problema es que los nodos no conocen la topología de la red y pueden asumir la existencia de caminos inexistentes. Una explicación detallada del problema aparece en la parte c)

- c) En la topología de la figura, cuando C1 está disponible, C informará a A y B que llega a C1 con distancia 0.

A por tanto decidirá que puede llegar a C1 con distancia 1 yendo a través de C.

A informará por tanto en el próximo intercambio que llega a C1 con distancia 1, tanto a B como a C.

Para C esa información es irrelevante (ya que llega directamente a C1 o sea que tiene un camino de menor distancia e ignorará la información brindada por A)

Para B, considerando la simetría de la configuración, también será irrelevante ya que dispone de un camino de distancia 1 a C1 yendo a través de C, que es mejor que un camino de distancia 2 yendo por A.

Entonces, la situación estable para llegar a C1 sería:

- A llega a C1 con distancia 1 a través de C
- B llega a C1 con distancia 1 a través de C
- C llega a C1 con distancia 0

Cuando se cae el enlace entre C y C1, C ya no dispondrá del camino de distancia 0 a C1 pero a partir de la información que recibe de A y B (ambos estarán informando hasta ese momento que llegan a C1 con distancia 1) supondrá que puede llegar a C1 yendo por A o por B con distancia 2. Incorporará esta información en su tabla de rutas y empezará a enviarla a sus vecinos A y B.

Como sus vecinos no tienen otro camino para llegar a C1 que el que iba a través de C, entonces al recibir la información que C llega con distancia 2 a C1, asumirán que el mejor camino disponible es aquel que llega a C1 a través de C con distancia 3. De este modo se produce el problema del conteo a infinito ya que en los siguientes intercambios los nodos van aumentando su distancia a C1 demorando en darse cuenta que C1 es en realidad inalcanzable.

Este problema, clásico de los protocolos de vector distancia, se soluciona en algunas topologías con la aplicación del **horizonte dividido** que consiste en no enviar información verdadera hacia los vecinos a través de los cuales llego a un destino.

Usando horizonte dividido en la topología del ejemplo, cuando estamos en el estado estable, A informaría que llega a C1 con distancia 1 a B, pero informaría que llega a C1 con distancia infinito a C, ya que A está usando el camino por C para llegar a C1. Análogamente le sucedería a B.

Sin embargo la aplicación de horizonte dividido en esta topología, aún permite encontrar secuencias de intercambio de información que posibilitan la aparición del problema del conteo a infinito.

Al caer el enlace con C1, C informará a A y B que no llega a C1. Supongamos que A recibe antes que B esa información y por tanto entenderá que no puede ir a C1 a través de C, pero aún contará con la información de B que tenía del paso anterior (B aún no procesó el mensaje de C) donde B le informaba que sabía llegar a C1 con distancia 1. Entonces A decidirá que puede llegar a C1 con distancia 2 yendo a través de B y por tanto enviará su tabla de rutas a los vecinos. A le dirá a C que llega a C1 con distancia 2 y le dirá a B que llega a C1 con distancia infinito (ya que está usando el camino por B para llegar a C1).

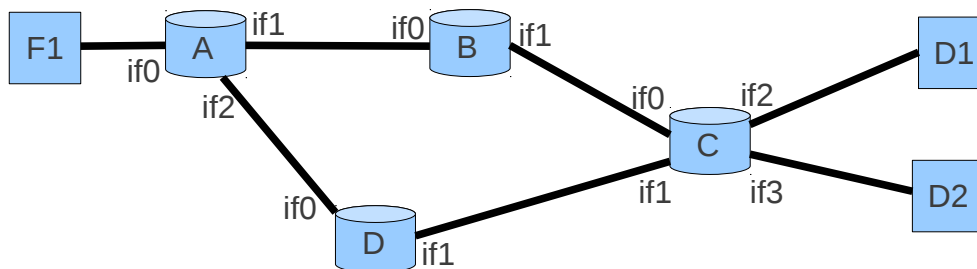
Si ahora C recibe esta información por parte de A, podrá asumir que puede llegar a C1 yendo por A con distancia 3. Enviará por tanto a A que no llega a C1 (por horizonte dividido) y a B que si llega a C1 con distancia 3. Cuando B procese las informaciones recibidas de A y C, llegará a la conclusión que puede llegar a C1 yendo por C con distancia 4. Enviará por tanto a C que su distancia es infinita para llegar a C1 y a A informará que llega con distancia 4.

Esta secuencia de eventos muestra que el problema de conteo a infinito puede darse, aún utilizando la técnica de horizonte dividido, cuando hay múltiples caminos en la red.

Para una respuesta correcta bastaba con explicar el primer caso sin considerar horizonte dividido.

Pregunta 6 (10 puntos)

- a) Explique los principios de funcionamiento de la arquitectura de red de circuitos virtuales
- b) En el diagrama de la figura, indique cuál sería el contenido de las tablas de circuitos virtuales para que el tráfico desde la fuente F1 hacia el destino D1 circule por el camino A, B, C mientras que el tráfico desde F1 hacia D2 circule por el camino A, D, C.



Respuesta Pregunta 5

- a) En una arquitectura de red de circuitos virtuales es necesario establecer un circuito o camino en la red antes de enviar los datos, a diferencia de la arquitectura de datagramas (por ejemplo Internet). Una vez que se finaliza el uso del circuito virtual es necesario liberarlo. En esta arquitectura, una vez establecido el circuito, los paquetes siguen todos el mismo camino hasta el destino, lo que determinará un retardo más uniforme de los paquetes. Además como es necesario establecer un circuito, se podrá realizar una reserva de recursos de modo de dar mejores garantías a la comunicación. El establecimiento del circuito virtual, determina un acuerdo de los nodos involucrados y por tanto puede ayudar al control de congestión dado que los nodos pueden rechazar la creación de nuevos circuitos si consideran que hay una situación de sobrecarga de la red. Como desventaja de esta arquitectura puede considerarse que el estado de la red se almacena en las tablas de circuitos virtuales en cada nodo y por tanto las caídas de equipos en la red pueden afectar a todos los circuitos virtuales en que el nodo participara. Estos circuitos para poder seguir enviando datos deberán reestablecerse (eventualmente por otro camino). Para establecer esos circuitos virtuales es necesario intercambiar señalización entre los nodos y ese establecimiento puede ser manual (PVC permanent virtual circuits) o a demanda (SVC switched virtual circuits). En el caso de SVC para el establecimiento del circuito se utiliza la dirección completa del destino al que se quiere llegar y el procedimiento sería similar al del encaminamiento en redes de datagramas. Tendrá

que existir algo similar a las tablas de rutas de IP donde se dirá para cada destino cuál es el mejor camino para llegar a él, indicando el próximo salto.

Una vez que la señalización establece el CV poniendo de acuerdo a todas las parejas de nodos que construyen el camino hasta el destino o que se establece un PVC administrativamente, los caminos quedan reflejados en la red en tablas de forwarding llamadas **tablas de circuitos virtuales**.

Estas tablas estarán en todos los nodos de la red y contendrán la siguiente información:

- Etiqueta de entrada
- Interfaz de entrada
- Etiqueta de salida
- Interfaz de salida

Las **etiquetas** surgen del acuerdo entre cada par de nodos que componen cada tramo del camino y tienen alcance local. Es decir que si miramos la figura de la parte b), para establecer un camino de F1 a D1 por A, B y C, se definirá una etiqueta EF11 que identificará los paquetes del camino F1-D1 cuando salen de F1 y llegan a A. Esa etiqueta surge de un acuerdo entre F1 y A solamente.

Luego, en el tramo A-B los paquetes del circuito F1-D1 se identificarán con una etiqueta EF12 que surgirá del acuerdo entre A y B y así sucesivamente. En la respuesta a la parte b) quedará más claro el ejemplo completo.

La ventaja de esos identificadores de CV de alcance local, es que potencialmente son de menor tamaño (ocupan menos bits) que la dirección completa del destino. Además con la tabla de forwarding indicada, el encaminamiento de los paquetes ya no implica una búsqueda como pasa en el mundo IP con el algoritmo longest-prefix-match, sino que el encaminamiento consiste en ingresar en una tabla de doble entrada (con la interfaz de entrada y la etiqueta de entrada del paquete) y obtener la interfaz de salida y la etiqueta de salida para el próximo tramo. Esto simplifica y permite hacer más rápido el encaminamiento de paquetes.

- b) Los circuitos establecidos para los diferentes caminos necesarios para el tráfico F1-D1 y F1-D2, estarán identificados por diferentes conjuntos de etiquetas y determinarían las siguientes tablas de circuitos virtuales en cada nodo:

Nodo A:

Etiqueta de entrada	Interfaz de entrada	Etiqueta de salida	Interfaz de salida
EF11	if0	EF12	lf1
EF21	if0	EF22	if2

Nodo B:

Etiqueta de entrada	Interfaz de entrada	Etiqueta de salida	Interfaz de salida
EF12	if0	EF13	lf1

Nodo D:

Etiqueta de entrada	Interfaz de entrada	Etiqueta de salida	Interfaz de salida
EF22	if0	EF23	lf1

Nodo C:

Etiqueta de entrada	Interfaz de entrada	Etiqueta de salida	Interfaz de salida
EF13	if0	EF14	lf2
EF23	if1	EF24	if3

Observar que las etiquetas tienen alcance local y que las interfaces refieren al propio nodo (no es la interfaz del próximo salto!)