
Arquitectura y protocolos TCP/IP

Solucionario

Unidad III: Enrutamiento y gestión de red

Cuestiones de repaso

Cuestión 1 (Kurose&Ross7, Tema 5, R1)

¿A qué nos referimos al hablar de un plano de control basado en el control por router? En tales casos, cuando decimos que los planos de datos y de control de la red están implementados “monolíticamente”, ¿qué queremos decir?

Solución:

El control por router significa que el algoritmo de enrutamiento se ejecuta en todos y cada uno de los routers del sistema: cada router contiene tanto una función de reenvío como una función de enrutamiento. En cada router hay un componente de enrutamiento que se comunica con los componentes de enrutamiento de otros routers con el fin de calcular los valores de su tabla de reenvío. En estos casos, se dice que el control y los planos de datos están implementados monolíticamente ya que cada router funciona como una entidad independiente que implementa sus planos de control y datos.

Cuestión 2 (Kurose&Ross7, Tema 5, R3)

Indique las similitudes y diferencias entre los algoritmos de enrutamiento centralizados y distribuidos. Proporcione un ejemplo de protocolo de enrutamiento que adopte un enfoque centralizado y otro descentralizado.

Solución:

Un algoritmo de enrutamiento centralizado calcula la ruta de menor costo entre un origen y su destino mediante el uso de un conocimiento completo y global acerca de la red. Es decir, el algoritmo toma como entradas la conectividad entre todos los nodos y todos los costes de enlace. El cálculo en sí puede hacerse en un solo sitio o replicarse en el componente de enrutamiento de todos y cada uno de los routers.

Por otro lado, un algoritmo de enrutamiento descentralizado o distribuido calcula la ruta de coste mínimo de manera iterativa y distribuida. Ningún nodo tiene toda la

información acerca del coste de todos los enlaces de la red. En lugar de ello, al principio, cada nodo sólo conoce los costes de sus propios enlaces directamente conectados. Después, a través de un proceso iterativo de cálculo e intercambio de información con sus nodos vecinos, cada nodo calcula gradualmente la ruta de coste mínimo hacia un destino o conjunto de destinos.

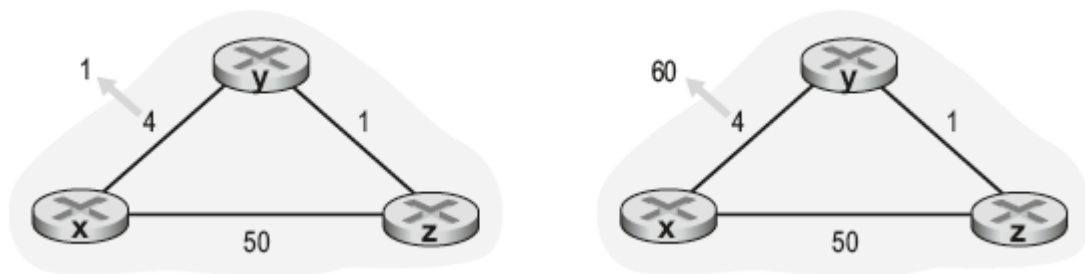
El protocolo OSPF es un ejemplo de algoritmo de enrutamiento centralizado y BGP es un ejemplo de un algoritmo de enrutamiento distribuido.

Cuestión 3 (Kurose&Ross7, Tema 5, R5)

¿Qué es el problema de la “cuenta hasta infinito” en el enrutamiento por vector de distancias?

Solución:

El problema de la cuenta hasta infinito se refiere a un problema de enrutamiento por vectores de distancia. Este problema ocurre cuando un algoritmo de enrutamiento vectorial tarda mucho tiempo en converger debido a un aumento del coste del enlace. Supongamos que inicialmente los costes de los enlaces son $c(x,y)=4$, $c(x,z)=50$ y $c(y,z)=1$. El resultado del algoritmo de enrutamiento es que el camino desde z hasta x es $z \rightarrow y \rightarrow x$ cuyo coste es 5 ($4+1$). Cuando el costo del enlace (x,y) aumenta de 4 a 60, serán necesarias 44 iteraciones de ejecución del algoritmo (intercambios de mensajes entre y y z) para el nodo z antes de darse cuenta de que su nueva ruta de menor coste para x es a través de su enlace directo a x .



Cuestión 4 (Kurose&Ross7, Tema 5, R7)

¿Por qué se utilizan diferentes protocolos de enrutamiento internos de un sistema autónomo y entre sistemas autónomos en Internet?

Solución:

Por tres razones:

- Política: Entre sistemas autónomos (AS) prevalecen las políticas. Puede ser importante que el tráfico originado en un determinado sistema autónomo no pueda atravesar otro sistema autónomo específico. De forma similar, un sistema autónomo dado puede desear controlar el tráfico de tránsito que transporta entre otros sistemas autónomos. Hemos visto que BGP transporta atributos de ruta y permite la distribución controlada de información de enrutamiento, de manera que pueden tomarse ese tipo de decisiones de enrutamiento basadas en políticas. Dentro de un sistema autónomo, todo está en teoría bajo el mismo control administrativo y, por tanto, las políticas desempeñan un papel mucho menos importante en la elección de rutas dentro del sistema autónomo.
- Escala: La capacidad de ampliación de un algoritmo de enrutamiento y de sus estructuras de datos, con el fin de gestionar el enrutamiento hacia/entre una gran cantidad de redes, es un problema crítico en el enrutamiento entre sistemas autónomos. Dentro de un sistema autónomo, la escalabilidad es un problema menor, aunque sólo sea porque si un ISP se hace demasiado grande, siempre es posible dividirlo en dos sistemas autónomos y realizar el enrutamiento entre los dos nuevos sistemas. (Recuerde que OSPF permite crear una jerarquía de ese estilo, dividiendo un sistema autónomo en áreas.)
- Rendimiento: Puesto que el enrutamiento entre sistemas autónomos está muy orientado a las políticas, la calidad (por ejemplo, el rendimiento) de las rutas utilizadas suele ser una cuestión secundaria (es decir, una ruta más larga o más costosa que satisfaga determinados criterios políticos puede perfectamente tener preferencia sobre una ruta más corta, pero que no cumpla dichos criterios). De hecho, hemos visto que entre sistemas autónomos no existe ni siquiera el concepto de coste asociado con las rutas (salvo por el recuento de saltos entre sistemas autónomos). Sin embargo, dentro de un sistema autónomo, tales cuestiones políticas tienen una importancia menor, lo que permite al enrutamiento centrarse más en el rendimiento que se puede alcanzar en una ruta.

Cuestión 5 (Kurose&Ross7, Tema 5, R9)

¿A qué se llama área en un sistema autónomo OSPF? ¿Por qué se introdujo el concepto de área?

Solución:

Un área en un sistema autónomo OSPF es un conjunto de routers de forma que cada uno de ellos dentro de su área difunde su información de estado de enlaces a todos los restantes routers del área. Dentro de un área, uno o más routers de frontera de área son los responsables de enrutar los paquetes hacia fuera del área. De esta forma, un sistema autónomo OSPF puede configurarse jerárquicamente en áreas, cada una de ellas ejecutando su propio algoritmo OSPF. Por tanto, el concepto de área se introduce por razones de escalabilidad, permitiendo construir un enrutamiento jerárquico para un OSPF.

Cuestión 6 (Kurose&Ross7, Tema 5, R11)

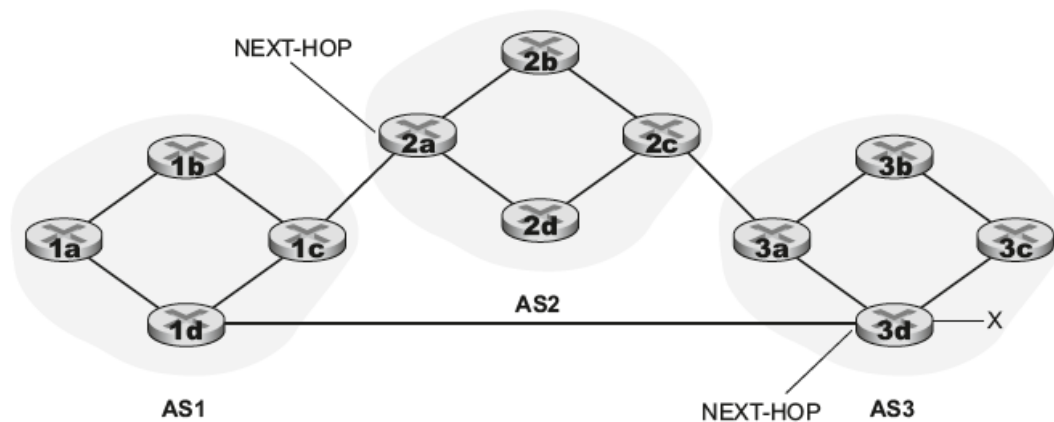
¿Cómo utiliza BGP el atributo NEXT-HOP? ¿Cómo utiliza el atributo AS-PATH?

Solución:

El atributo AS-PATH contiene la lista de sistemas autónomos (AS) a través de los que ha pasado el anuncio. Los routers utilizan el atributo AS-PATH para detectar e impedir los bucles de anuncio; en concreto, si un router ve que su propio sistema autónomo está en la lista de la ruta, rechazará el anuncio.

Por otro lado, el atributo NEXT-HOP proporciona el enlace crítico entre el protocolo de enrutamiento interno del AS y el protocolo de enrutamiento entre sistemas autónomos. Así, el siguiente salto (NEXT-HOP) es la dirección IP de la interfaz de router que inicia la secuencia de sistemas autónomos (AS-PATH). En la figura podemos observar que el atributo NEXT-HOP para la ruta “AS2 AS3 x”, que va de AS1 hasta x y pasa por AS2, es la dirección IP de la interfaz izquierda del router 2a. El atributo NEXT-HOP para la ruta “AS3 x”, que va de AS1 hasta x y que evita pasar por AS2, es la dirección IP de la interfaz izquierda del router 3d. En resumen, en este sencillo ejemplo, cada router de AS1 aprende que existen dos rutas BGP hacia el prefijo x:

- Dirección IP de la interfaz izquierda del router 3d; AS3; x



Cuestión 7 (Kurose&Ross7, Tema 5, R13)

Verdadero o falso: cuando un router BGP recibe una ruta anunciada por su vecino, debe añadir su propia identidad a la ruta recibida y luego enviar esa nueva ruta a todos sus vecinos. Explique su respuesta.

Solución:

Falso.

Un router BGP puede elegir no agregar su propia identidad a la ruta recibida y luego enviar esa nueva ruta a todos sus vecinos, puesto que BGP es un protocolo de enrutamiento basado en políticas. Por ejemplo, en un escenario donde el router BGP no quiere funcionar como router de tránsito entre dos sistemas autónomos (AS) ajenos al AS del router BGP.

Cuestión 8 (Kurose&Ross7, Tema 5, R19)

Enumere cuatro tipos distintos de mensajes ICMP.

Solución:

Respuesta de eco (para ping) - Echo reply (to ping), tipo 0, código 0.

Red de destino inalcanzable - Destination network unreachable, tipo 3, código 0.

Host de destino inalcanzable - Destination host unreachable, tipo 3, código 1.

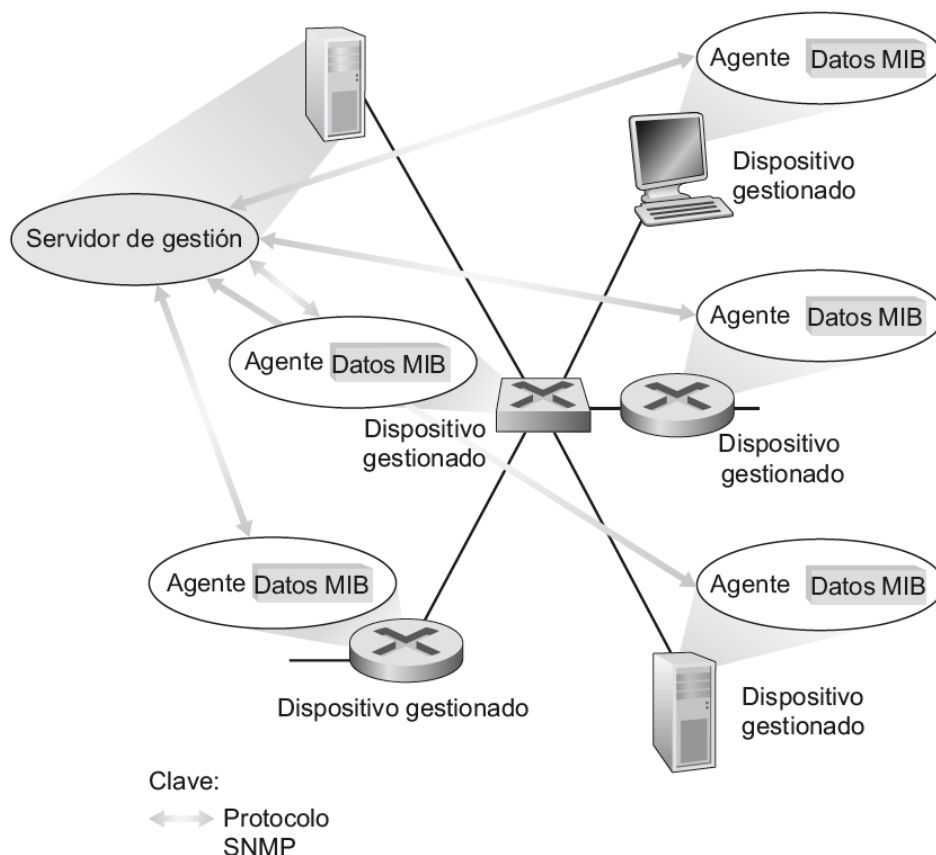
Regulación del origen (Control de congestión)- Source quench (congestion control), tipo 4, código 0.

Cuestión 9 (Kurose&Ross7, Tema 5, R21)

Defina los siguientes términos en el contexto de SNMP: servidor de gestión, dispositivo gestionado, agente de gestión de red y MIB.

Solución:

En la siguiente figura se muestran los componentes claves de la gestión de red.



Elementos de gestión de red: servidor de gestión, dispositivos gestionados, datos MIB, agentes remotos, SNMP.

Un *servidor de gestión* es una aplicación, generalmente con intervención humana, que se ejecuta en una estación central de gestión de red en un centro de operaciones de red. Controla la recopilación, procesamiento, análisis y / o visualización de la información de gestión de red. Es aquí donde se inician las acciones se inician en un servidor de administración para controlar el comportamiento de la red y donde el administrador interactúa con los dispositivos que forman la red.

Un *dispositivo gestionado* es un equipo de red (incluyendo su software) que reside en una red gestionada. Un dispositivo gestionado puede ser un host, enrutador, switch, middlebox, módem, termómetro u otro dispositivo conectado a la red.

Un *agente de gestión de red* es un proceso que se ejecuta en un dispositivo gestionado que se comunica con un servidor de gestión, realizando acciones locales en el dispositivo gestionado bajo el comando y control del servidor de gestión.

La *Base de información de gestión* (MIB) recopila la información asociada con esos objetos gestionados en una red gestionada. Un objeto MIB puede ser un contador, como, por ejemplo el número de datagramas IP descartados en un router debido a errores en la cabecera de un datagrama IP, o el número de segmentos UDP recibidos en un host, o información de estado, por ejemplo, si un dispositivo en particular está funcionando correctamente.

Cuestión 10 (Kurose&Ross7, Tema 5, R23)

¿Cuál es el objetivo del mensaje SNMP `Trap`?

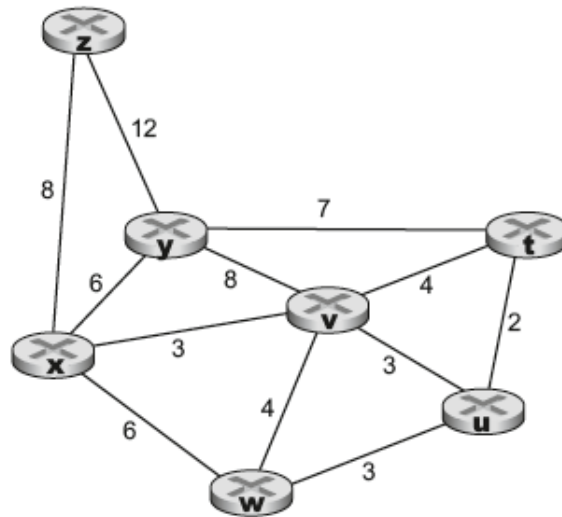
Solución:

Se genera un mensaje SNMP `Trap` como respuesta a un evento ocurrido en un dispositivo gestionado para el cual el servidor de gestión del dispositivo requiere notificación. Se utiliza para notificar a un servidor de gestión de una situación excepcional (por ejemplo, la activación o desactivación de un enlace) que ha provocado cambios en los valores de los objetos MIB.

Problemas

Problema 1 (Kurose&Ross7, Tema 5, P 3)

Considere la siguiente red. Utilizando los costes de enlace indicados, aplique el algoritmo de la ruta más corta de Dijkstra para calcular la ruta más corta desde x a todos los restantes nodos de red. Indique cómo funciona el algoritmo elaborando una tabla similar a la Tabla 5.1.



Solución:

Paso	N'	D(t),p(t)	D(u),p(u)	D(v),p(v)	D(w),p(w)	D(y),p(y)	D(z),p(z)
0	x	∞	∞	3,x	6,x	6,x	8,x
1	xv	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
2	xvu	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
3	xvuw	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
4	xvuwy	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
5	xvuwyt	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
6	xvuwytz	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x

Problema 2 (Kurose&Ross7, Tema 5, P 4)

Considere la red mostrada en el Problema P3. Utilizando el algoritmo de Dijkstra y una tabla similar a la Tabla 5.1, haga lo siguiente:

- Calcule la ruta más corta desde t a todos los demás nodos de la red.
- Calcule la ruta más corta desde u a todos los demás nodos de la red.
- Calcule la ruta más corta desde v a todos los demás nodos de la red.
- Calcule la ruta más corta desde w a todos los demás nodos de la red.
- Calcule la ruta más corta desde y a todos los demás nodos de la red.
- Calcule la ruta más corta desde z a todos los demás nodos de la red.

Solución:

a.

Paso	N'	$D(x), p(x)$	$D(u), p(u)$	$D(v), p(v)$	$D(w), p(w)$	$D(y), p(y)$	$D(z), p(z)$
0	t	∞	2,t	4,t	∞	7,t	∞
1	tu	∞	2,t	4,t	5,u	7,t	∞
2	tuv	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	∞
3	tuvw	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	∞
4	tuvwx	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	15,x
5	tuvwxy	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	15,x
6	tuvwxyz	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	15,x

b.

Paso	N'	$D(x), p(x)$	$D(t), p(t)$	$D(v), p(v)$	$D(w), p(w)$	$D(y), p(y)$	$D(z), p(z)$
0	u	∞	2,u	3,u	3,u	∞	∞
1	ut	∞	2,u	3,u	3,u	9,t	∞
2	utv	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	∞
3	utvw	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	∞
4	utvwx	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	14,x
5	utvwxy	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	14,x
6	utvwxyz	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	14,x

c.

Paso	N'	D(x), p(x)	D(u),p(u)	D(t),p(t)	D(w),p(w)	D(y),p(y)	D(z),p(z)
0	v	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	∞
1	vx	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
2	vxu	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
3	vxut	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
4	vxutw	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
5	vxutwy	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
6	vxutwyz	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x

d.

Paso	N'	D(x), p(x)	D(u),p(u)	D(v),p(v)	D(t),p(t)	D(y),p(y)	D(z),p(z)
0	w	6,w	3,w	4,w	∞	∞	∞
1	wu	6,w	3,w	4,w	5,u	∞	∞
2	wuv	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	∞
3	wuvt	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	∞
4	wuvtx	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	14,x
5	wuvtxy	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	14,x
6	wuvtxyz	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	14,x

e.

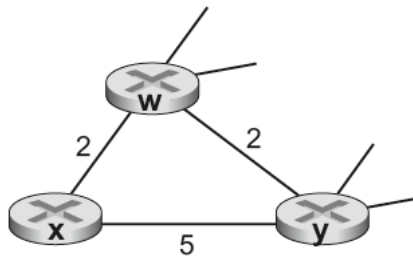
Paso	N'	D(x), p(x)	D(u),p(u)	D(v),p(v)	D(w),p(w)	D(t),p(t)	D(z),p(z)
0	y	6,y	∞	8,y	∞	7,y	12,y
1	yx	6,y	∞	8,y	12,x	7,y	12,y
2	yxt	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y
3	yxtv	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y
4	yxtvu	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y
5	yxtvuw	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y
6	yxtvuwz	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y

f.

Paso	N'	D(x), p(x)	D(u),p(u)	D(v),p(v)	D(w),p(w)	D(y),p(y)	D(t),p(t)
0	z	8,z	∞	∞	∞	12,z	∞
1	zx	8,z	∞	11,x	14,x	12,z	∞
2	zxv	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v
3	zxvy	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v
4	zxvyu	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v
5	zxvyuw	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v
6	zxvyuwt	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v

Problema 3 (Kurose&Ross7, Tema 5, P 7)

Considere el fragmento de red mostrado a continuación. x solo tiene dos vecinos conectados, w e y . w tiene una ruta de coste mínimo al destino u (no mostrado) de 5 e y tiene una ruta de coste mínimo a u de 6. Las rutas completas desde w e y a u (y entre w e y) no se muestran. Todos los costes de enlace de la red tienen valores enteros estrictamente positivos.



- Indique el vector de distancias de x para los destinos w , y y u .
- Indique un cambio en el coste del enlace para $c(x,w)$ o $c(x,y)$ tal que x informe a sus vecinos de una nueva ruta de coste mínimo a u , como resultado de ejecutar el algoritmo de vector de distancias.
- Indique un cambio en el coste del enlace para $c(x,w)$ o $c(x,y)$ tal que x *no* informe a sus vecinos de una nueva ruta de coste mínimo a u , como resultado de ejecutar el algoritmo de vector de distancias.

Solución:

- Para contestar esta pregunta basta completar la figura de forma esquemática incluyendo a u , aunque se desconozcan los detalles de las rutas completas:
 $D_x(w) = 2$, $D_x(y) = 4$, $D_x(u) = 7$.
- Primero consideremos qué ocurre si $c(x,y)$ cambia. Si $c(x,y)$ aumenta o disminuye (siempre que $c(x,y) \geq 1$), el camino de menor coste de x a u seguirá teniendo un coste mínimo de 7. Por tanto, un cambio en $c(x,y)$ (si $c(x,y) \geq 1$) no hará que x informe a sus vecinos de ningún cambio.

Si $c(x,y) = \delta < 1$ entonces el camino de menor coste pasa ahora por y y tiene un coste $\delta + 6$.

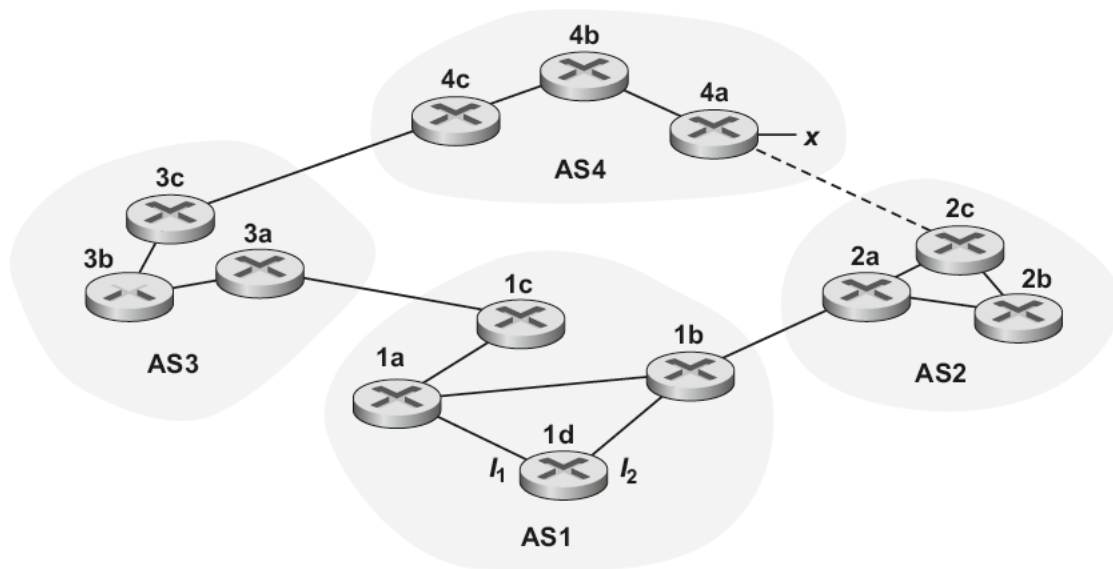
Consideremos ahora si $c(x,w)$ cambia. Si $c(x,w) = \varepsilon \leq 1$ entonces el camino de menor coste hacia u sigue pasando por w y su coste cambia a $5 + \varepsilon$; x informará a sus vecinos de este nuevo coste. Si $c(x,w) = \delta > 6$ entonces el camino de menor coste pasa ahora por y y tiene un coste de 11; de nuevo x informará a sus vecinos de este nuevo coste.

- c. Cualquier cambio en el coste del enlace $c(x,y)$ (y siempre que $c(x,y) \geq 1$) no hará que x informe a sus vecinos de un nuevo camino de coste mínimo hacia u .

Problema 4 (Kurose&Ross7, Tema 5, P 14)

Considere la red mostrada a continuación. Suponga que los sistemas autónomos AS3 y AS2 están ejecutando OSPF como protocolo de enrutamiento interno. Suponga que AS1 y AS4 están ejecutando RIP como protocolo de enrutamiento interno. Suponga por último que se utilizan sesiones eBGP y iBGP para el protocolo de enrutamiento entre sistemas autónomos. Además, inicialmente *no* existe enlace físico entre AS2 y AS4.

- ¿De qué protocolo de enrutamiento aprende el router 3c acerca del prefijo x : OSPF, RIP, eBGP o iBGP?
- ¿De qué protocolo de enrutamiento aprende el router 3a acerca de x ?
- ¿De qué protocolo de enrutamiento aprende el router 1c acerca de x ?
- ¿De qué protocolo de enrutamiento aprende el router 1d acerca de x ?



Solución:

- a. eBGP.
- b. iBGP.
- c. eBGP.
- d. iBGP.

Problema 5 (Kurose&Ross7, Tema 5, P 15)

Continuando con el problema anterior, una vez que el router 1d aprende acerca de x incluirá una entrada (x, l) en su tabla de reenvío.

- a. Para esta entrada, ¿ l será igual a l_1 o a l_2 ? Explique por qué en una frase.
- b. Ahora suponga que existe un enlace físico entre AS2 y AS4 (mostrado mediante una línea de puntos en la figura). Suponga que el router 1d aprende que x es accesible a través de AS2 y de AS3. ¿ l será igual a l_1 o a l_2 ? Explique por qué en una frase.
- c. Ahora suponga que existe otro sistema autónomo AS5, que conecta la ruta entre AS2 y AS4 (no se muestra en el diagrama). Suponga que el router 1d

aprende que x es accesible a través de AS2 AS5 AS4, así como de AS3 AS4. ¿ I será igual a I_1 o a I_2 ? Explique por qué en una frase.

Solución:

- a. I_1 porque esta interfaz inicia la ruta de menor coste desde 1d hacia el router pasarela 1c.
- b. I_2 . Ambas rutas tienen la misma longitud de AS-PATH pero I_2 comienza la ruta que tiene el router NEXT-HOP más cercano.
- c. I_1 , ya que comienza la ruta que tiene el AS-PATH más corto.

Problema 6 (Kurose&Ross7, Tema 5, P 22)

En la Sección 5.7 hemos visto que era preferible transportar mensajes SNMP en datagramas UDP no fiables. ¿Por qué cree que los diseñadores de SNMP eligieron UDP en lugar de TCP como protocolo de transporte para SNMP?

Solución:

A menudo, el momento en que la gestión de la red es más necesaria es en momentos de estrés, cuando la red puede estar muy congestionada y se pierden paquetes. Con SNMP corriendo sobre TCP, el control de congestión de TCP haría que SNMP se retirara y dejara de enviar mensajes precisamente en el momento en que el administrador de la red necesita enviar mensajes SNMP.