

Deber N° 2

1. Suponga A y B son dos estaciones intentando transmitir en una Ethernet. Cada una tiene una cola continua de Frames listos para enviar. Los Frames de A se numerarán como A1, A2, y así sucesivamente, y los de B de manera similar. Suponga $T = 51.2\mu s$ como la unidad base de retorno exponencial. Suponga A y B intentan simultáneamente enviar el Frame 1, colisionan, y resulta que eligen un retorno de $0 \times T$ y $1 \times T$, respectivamente, lo que significa que A gana la carrera y transmite A1 mientras B espera. Al final de la transmisión, B intentará retransmitir B1 mientras A intentará transmitir A2. Estos primeros intentos colisionarán, pero ahora A retorna ya sea en $0 \times T$ o $1 \times T$, mientras B retorna para un tiempo igual a $0 \times T, \dots, 3 \times T$.

- a) Dé la probabilidad de que A gane esta segunda carrera de retorno inmediatamente después de la colisión; esto quiere decir que la primera opción de A del tiempo de retorno $K \times 51.2$ es menor que B.

Para este problema tenemos 8 pares de casos posibles de la forma (retorno-A, retorno-B):

$(0 \times T, 0 \times T), (0 \times T, 1 \times T), (0 \times T, 2 \times T), (0 \times T, 3 \times T), (1 \times T, 0 \times T), (1 \times T, 1 \times T), (1 \times T, 2 \times T), (1 \times T, 3 \times T)$

Debe cumplirse que retorno-A < retorno-B, y solo hay 5 pares que cumplen este requisito: $(0 \times T, 1 \times T), (0 \times T, 2 \times T), (0 \times T, 3 \times T), (1 \times T, 2 \times T), (1 \times T, 3 \times T)$.

Por lo tanto, la probabilidad de que A gane la segunda carrera de retorno es:

$$P = \frac{\#CasosFavorables}{\#CasosTotales} = \frac{5}{8} \rightarrow 62.5\%$$

- b) Suponga A gana esta segunda carrera de retorno. A transmite A3, y cuando este finaliza, A y B colisionan otra vez mientras A intenta transmitir A4 y B intenta una vez más transmitir B1. Dé la probabilidad de que A gane la carrera en esta tercera carrera de retorno inmediatamente después de la primera colisión.

Después de una tercera colisión, el adaptador espera $k \times 51.2$ para $k = 0 \dots 2^3 - 1$ de nuevo seleccionado al azar. Por lo tanto, B puede tener un retorno de $0 \times T, 1 \times T, 2 \times T, 3 \times T, 4 \times T, 5 \times T, 6 \times T$ o $7 \times T$, cada uno con probabilidad $1/8$; y nuevamente A puede ser $0 \times T$ o $1 \times T$, cada uno con probabilidad $1/2$. Así que la probabilidad de que A gane es:

$$P(A) = P(A = 0) \times P(B > 0) + P(A = 1) \times P(B > 1)$$

$$P(A) = \frac{1}{2} \times \frac{7}{8} + \frac{1}{2} \times \frac{6}{8} = \frac{7}{16} + \frac{3}{8} = \frac{13}{16} \approx 0.812 \rightarrow 81.2\%$$

- c) Dé un límite inferior razonable para la probabilidad de que A gane todas las carreras de retorno restantes.

El adaptador se rinde después de un número determinado de intentos (generalmente 16) e informa de un error de transmisión al host. Por tanto, asumimos que B intentará retransmitir 16 veces, después del cual se rendirá. Aunque el algoritmo de retorno limita n a 10 para $k = 0 \dots 2^n - 1$.

La probabilidad de que A gane las 13 carreras de retorno restantes es:

$$P(A) = \prod_{i=4}^{16} P(A \text{ gana } i | A \text{ gana } i - 1)$$

Sea $k_A(i)$ el valor de k que A elige para la carrera de retorno i ésima. Dado que A gana esa carrera, $(k_A(i) < k_B(i))$, la probabilidad de que A gane la carrera de retorno $(i + 1)$ es 1 si $k_A(i) + 1 < k_B(i)$. De otro modo, si $(k_A(i) + 1 \geq k_B(i))$, A y B colisionarían cuando A haya terminado con el Frame i ésimo, y la probabilidad vendría a ser $P(k_A(i + 1) < k_B(i + 1))$.

$$\begin{aligned} P(A \text{ gana } i + 1 | A \text{ gana } i) \\ &= (P[k_A(i) + 1 < k_B(i)] + P[k_A(i) + 1 \geq k_B(i)]) \times P[k_A(i + 1) < k_B(i + 1)] \\ &= P[k_A(i + 1) < k_B(i + 1)] \end{aligned}$$

Dado que A ganó el retorno previo, $k_A(i)$ puede ser 0 o 1, cada uno con probabilidad de $1/2$. Por otro lado, $k_B(i)$ está en el rango $0 \dots 2^i - 1$, cada uno con probabilidad 2^{-i} , a menos que $i \geq 10$, en cuyo caso el rango va de $0 \dots 1023$, cada uno con probabilidad $1/1024$.

Para $1 \leq i \leq 9$:

$$P[k_A(i) < k_B(i)] = P[k_A(i) = 0] \times P[k_B(i) > 0] + P[k_A(i) = 1] \times P[k_B(i) > 1]$$

$$P[k_A(i) < k_B(i)] = \frac{1}{2} \times \frac{2^i - 1}{2^i} + \frac{1}{2} \times \frac{2^i - 2}{2^i} = \frac{2^{i+1} - 3}{2^{i+1}}$$

Para $10 \leq i \leq 16$:

$$P[k_A(i) < k_B(i)] = P[k_A(i) = 0] \times P[k_B(i) > 0] + P[k_A(i) = 1] \times P[k_B(i) > 1]$$

$$P[k_A(i) < k_B(i)] = \frac{1}{2} \times \frac{2^{10} - 1}{2^{10}} + \frac{1}{2} \times \frac{2^{10} - 2}{2^{10}} = \frac{2045}{2048}$$

Por lo tanto, la fórmula anterior quedaría de la siguiente manera:

$$P(A) = \prod_{i=4}^{16} P[A \text{ gana } i | A \text{ gana } i - 1] > \prod_{i=4}^{16} P[k_A(i) < k_B(i)]$$

$$P(A) = \prod_{i=4}^9 P[k_A(i) < k_B(i)] \times \prod_{i=10}^{16} P[k_A(i) < k_B(i)]$$

$$P(A) = \prod_{i=4}^9 \frac{2^{i+1} - 3}{2^{i+1}} \times \prod_{i=10}^{16} \frac{2045}{2048} \approx 0.82$$

Por tanto, **0.82** es un límite inferior aproximado.

d) ¿Qué ocurre entonces con el Frame B1?

B1 será descartado, y B intentará transmitir el siguiente Frame B2.

2. Suponga que las direcciones físicas de Ethernet son elegidas al azar (usando bits aleatorios verdaderos).

a) ¿Cuál es la probabilidad de que, en una red de 1024 hosts, dos direcciones sean iguales?

Basado en el problema del cumpleaños, podemos hallar la probabilidad de que, en un set n de direcciones aleatorias, al menos dos hosts compartirán una misma dirección.

Este proceso puede generalizarse en un grupo de n direcciones, donde p(n) es la probabilidad de que al menos dos hosts compartan una dirección. Pero es más fácil hacerlo si primero calculamos la probabilidad $\bar{p}(n)$ de que todos los hosts tengan direcciones diferentes:

$$\bar{p}(n) = \left(1 - \frac{1}{2^{48}}\right) \left(1 - \frac{2}{2^{48}}\right) \left(1 - \frac{3}{2^{48}}\right) \dots \left(1 - \frac{1024}{2^{48}}\right)$$

$$p(n) = 1 - \bar{p}(n)$$

$$p(n) = 1 - \frac{(1 + 2 + 3 + \dots + 1024)}{2^{48}} = \frac{523776}{2^{48}} \approx \mathbf{1.86 \times 10^{-9}}$$

b) ¿Cuál es la probabilidad de que el evento anterior ocurra en una o más de 2^{20} redes?

La probabilidad es la del evento anterior, pero en 2^{20} intentos. Es decir:

$$P = 1.86 \times 10^{-9} \cdot 2^{20} \approx \mathbf{1.95 \times 10^{-3}}$$

c) ¿Cuál es la probabilidad de que 2^{30} hosts en toda la red de (b), algún par tenga la misma dirección?

Para este cálculo usaremos la aproximación cuadrática del problema del cumpleaños:

$$p(n) \approx \frac{n^2}{2m} \approx \frac{(2^{30})^2}{2 \times 2^{48}} \approx \mathbf{2^{11}}$$

3. ¿Por qué puede que una topología “*mesh*” sea superior a una topología de estación base para comunicaciones en un desastre natural?

Las topologías *mesh* ofrecen tolerancia a los fallos al proporcionar múltiples rutas para que un mensaje llegue del punto A al punto B. Además, esta puede ampliarse de forma incremental, aunque con costes incrementales. En cambio, la topología de estación base implica que no existe movilidad, ya que el receptor debe estar en una ubicación fija para recibir una transmisión de la estación base.

En el caso de un desastre natural puede que se pierdan nodos o que incluso sea necesario movilizarse a otro lugar para continuar con las operaciones. En una topología de estación base esto causaría graves problemas ya que esta no permite la movilidad y si se pierde el nodo de estación base dejará de transmitirse la información por completo. Por lo cual, la mejor opción es la topología *mesh*, que ofrece múltiples rutas para la transmisión de la información y además puede ampliarse, lo que se traduce en una gran movilidad.

4. Suponga que un paquete IP se fragmenta en 10 fragmentos, cada uno con 1% de probabilidad (independiente) de pérdida. Para una aproximación razonable, esto significa que hay un 10% de probabilidad de perder todo el paquete debido a la pérdida de un fragmento. ¿Cuál es la probabilidad de la pérdida en red de todo el paquete si el paquete se transmite dos veces?

- a) **Asumiendo que todos los fragmentos recibidos deben ser parte de la misma transmisión.**

Si existe una probabilidad del 10% (0.1) de perder un paquete en una transmisión al fragmentarse, podemos calcular la probabilidad de que ambas transmisiones se pierdan como:

$$P(A) = 0.1 \times 0.1 = 0.01 \rightarrow \mathbf{1\%}$$

- b) **Asumiendo que cualquier fragmento puede que haya sido parte de la transmisión.**

La probabilidad de pérdida es ahora la probabilidad de que, para un par de fragmentos idénticos, se pierdan ambos. Para un fragmento concreto, la probabilidad de perder ambas instancias es: $0.01 \times 0.01 = 0.0001$.

Ahora, la probabilidad de que esto ocurra al menos una vez para cualquiera de los 10 fragmentos se calcula como:

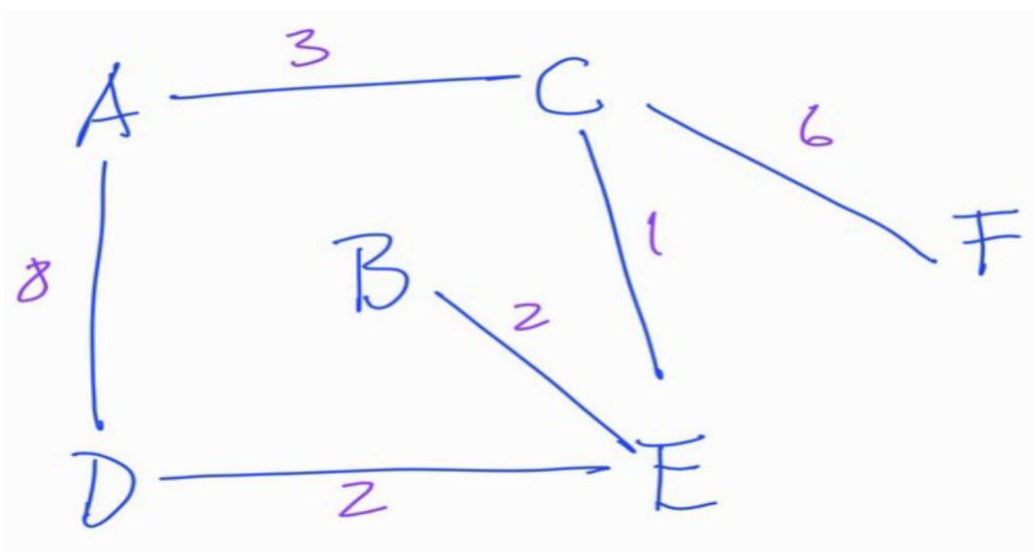
$$P(A) = 0.0001 \times 10 = 0.001 \rightarrow \mathbf{0.1\%}$$

- c) **Explique cómo el uso del campo *ident* puede ser aplicable aquí.**

La fragmentación se produce normalmente en un router cuando recibe un datagrama que quiere reenviar a través de una red que tiene una MTU menor

que el datagrama recibido. Para permitir que estos fragmentos sean reensamblados en el host receptor, todos llevan el mismo identificador en el campo *Ident*. Este identificador es elegido por el host emisor y debería ser único entre todos los datagramas que puedan llegar al destino desde este origen durante un periodo de tiempo razonable. Dado que todos los fragmentos del datagrama original contienen este identificador, el host reensamblador será capaz de reconocer aquellos fragmentos que van juntos. Si no llegan todos los fragmentos al host receptor, éste abandona el proceso de reensamblado y descarta los fragmentos que sí han llegado.

5. Para la red dada en la figura, obtenga la tabla de reenvío de datagramas para cada nodo. Los links están etiquetados con costos relativos; sus tablas deberían reenviar cada paquete por la vía de menor costo a su destino.



Nodo A:

NetworkNum	NextHop
B	C
C	C
D	C
E	C
F	C

Nodo B:

NetworkNum	NextHop
A	E
B	E
D	E
E	E
F	E

Nodo C:

NetworkNum	NextHop
A	A
B	E
D	E
E	E
F	F

Nodo D:

NetworkNum	NextHop
A	E
B	E
C	E
E	E
F	E

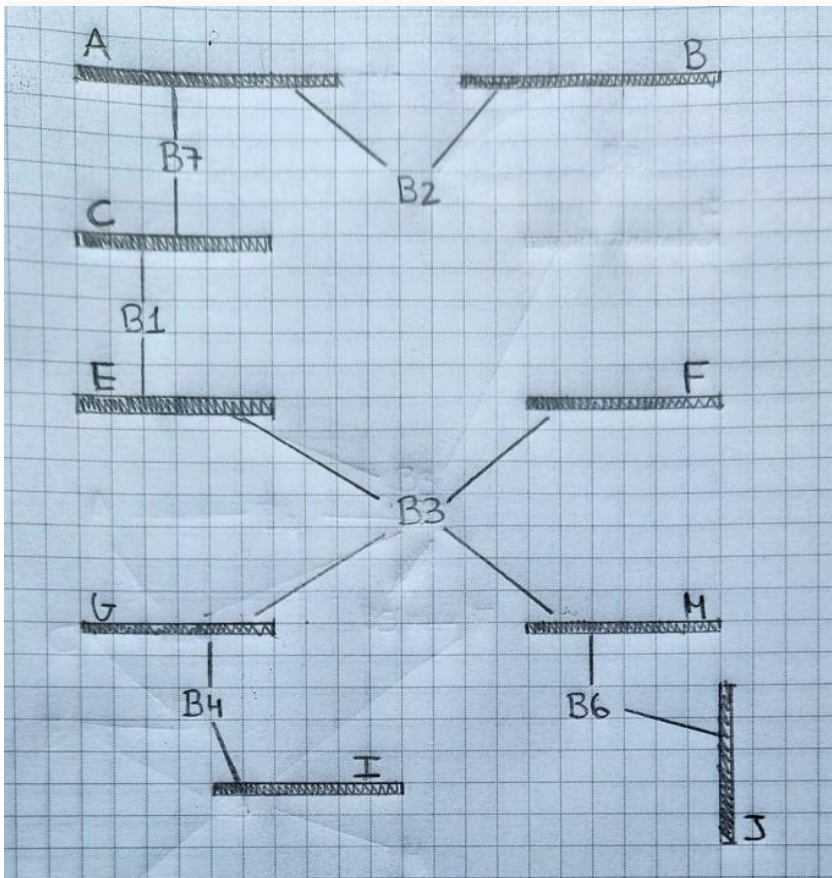
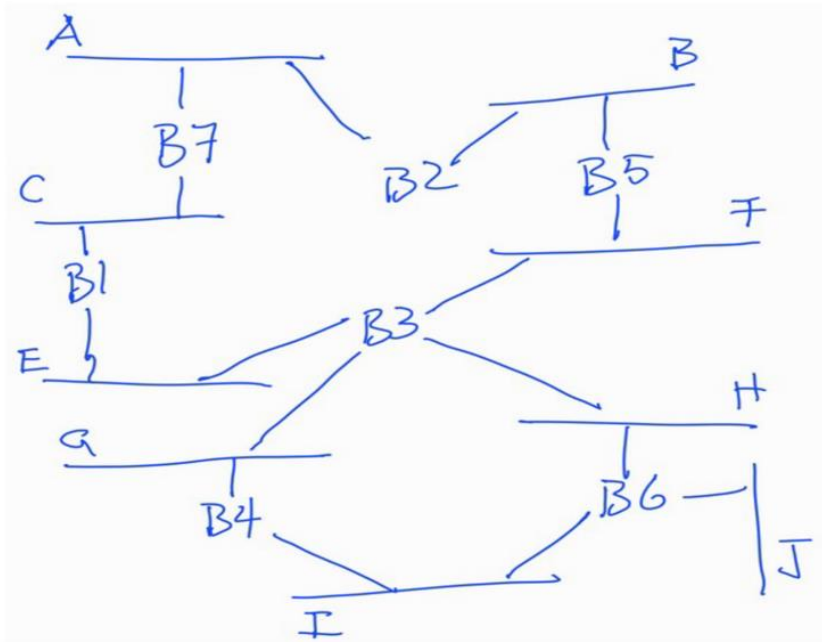
Nodo E:

NetworkNum	NextHop
A	C
B	B
C	C
D	D
F	C

Nodo F:

NetworkNum	NextHop
A	C
B	C
C	C
D	C
E	C

6. Dada la LAN extendida en la figura, indique qué puestos no son seleccionados por el algoritmo de *spanning tree*.



El puesto B5 no se ha seleccionado por el algoritmo de *spanning tree*.

7. Use la herramienta de Unix *traceroute* para determinar cuántos saltos se realizan desde su host hacia otros hosts en el internet. ¿Cuántos routers recorre para salir de su sitio local? Lea la documentación de esta herramienta, y explique cómo está implementada.

Traceroute lo que intenta hacer es rastrear la ruta que seguiría un paquete IP hacia un host destino en Internet. Esto lo consigue al enviar paquetes de prueba con un Time To Live (TTL) limitado. TTL no es una unidad de tiempo, sino el número máximo de saltos (Hops) que tiene permitido hacer un paquete en Internet.

Traceroute comienza enviando sus paquetes de pruebas con un TTL de 1, aumentando de uno en uno hasta que obtenemos una respuesta de ICMP de “puerto inalcanzable”, lo que significa que hemos llegado al host destino, o que hemos alcanzado el máximo de saltos (que por defecto es 30).

Cada vez que se ajusta el TTL, (por defecto) se envían 3 paquetes de prueba y se imprime una línea mostrando el TTL, la dirección del *gateway* y el tiempo de ida y vuelta de cada paquete de prueba. Si las respuestas de estos paquetes provienen de distintos gateways, se imprimirá la dirección de cada sistema que responda. Si no hay una respuesta en 5 segundos (por defecto), se imprime un “*” para dicho paquete de prueba.

➔ Traceroute a usfq.edu.ec

```
└─ traceroute usfq.edu.ec
traceroute to usfq.edu.ec (192.188.53.110), 64 hops max, 52 byte packets
 1 192.168.100.1 (192.168.100.1) 3.964 ms 3.682 ms 3.526 ms
 2 host-181-199-83-1.ecua.net.ec (181.199.83.1) 12.610 ms 8.253 ms 8.543 ms
 3 10.201.203.86 (10.201.203.86) 10.678 ms 8.410 ms 8.478 ms
 4 10.201.203.61 (10.201.203.61) 11.292 ms 8.298 ms 8.577 ms
 5 10.201.203.90 (10.201.203.90) 11.680 ms 8.844 ms 7.400 ms
 6 10.201.203.50 (10.201.203.50) 10.628 ms 8.021 ms 8.797 ms
 7 10.201.203.17 (10.201.203.17) 7.142 ms 6.803 ms 5.341 ms
 8 10.201.222.8 (10.201.222.8) 6.442 ms 7.128 ms 5.198 ms
 9 100.71.0.6 (100.71.0.6) 6.394 ms
   10.201.222.29 (10.201.222.29) 13.892 ms 10.081 ms
10 186.101.24.50 (186.101.24.50) 7.407 ms
   100.71.0.6 (100.71.0.6) 6.536 ms 6.093 ms
11 186.101.24.50 (186.101.24.50) 6.414 ms 6.365 ms 6.383 ms
12 143.255.248.252 (143.255.248.252) 11.667 ms 16.075 ms 12.868 ms
13 * * 143.255.248.252 (143.255.248.252) 13.370 ms
14 * * *
15 * * *
16 * * *
17 * 192.188.53.214 (192.188.53.214) 25.641 ms 14.497 ms
18 * * *
19 * * *
20 * * *
21 * * *
22 * * *
```

No hay respuesta en los últimos 5 hops.
Asumimos que hemos llegado a un firewall

En el salto 3 los paquetes llegan a una red de clase A. Lo cual seguramente implica que ha salido de la localidad. Así que solo hizo falta 2 routers para salir del área local.

→ Traceroute google.com

```
tracert google.com
tracert to google.com (142.250.78.174), 64 hops max, 52 byte packets
 1  192.168.100.1 (192.168.100.1)  3.121 ms  3.423 ms  3.760 ms
 2  host-181-199-83-1.ecua.net.ec (181.199.83.1)  10.668 ms  7.469 ms  7.618 ms
 3  10.201.203.86 (10.201.203.86)  10.784 ms  9.943 ms  8.797 ms
 4  10.201.203.61 (10.201.203.61)  10.506 ms  9.164 ms  8.757 ms
 5  10.201.203.90 (10.201.203.90)  22.408 ms  9.678 ms  7.852 ms
 6  10.201.203.50 (10.201.203.50)  11.307 ms  8.420 ms  7.429 ms
 7  10.201.203.17 (10.201.203.17)  5.418 ms  6.091 ms  6.334 ms
 8  10.201.222.8 (10.201.222.8)  6.342 ms  6.773 ms  6.662 ms
 9  100.71.0.6 (100.71.0.6)  5.697 ms  6.361 ms
10  10.201.222.29 (10.201.222.29)  7.547 ms
11  186.101.24.49 (186.101.24.49)  9.606 ms  12.189 ms  10.938 ms
12  10.201.222.28 (10.201.222.28)  6.183 ms  6.939 ms  6.376 ms
13  186.3.125.47 (186.3.125.47)  17.120 ms
14  142.250.163.95 (142.250.163.95)  20.136 ms  18.812 ms
15  172.253.79.10 (172.253.79.10)  20.394 ms * *
16  142.250.210.126 (142.250.210.126)  33.704 ms
17  142.250.210.137 (142.250.210.137)  21.006 ms
18  bog02s19-in-f14.1e100.net (142.250.78.174)  19.656 ms
```

De igual manera, se requirieron dos routers.

→ Traceroute amazon.com

```
tracert amazon.com
tracert: Warning: amazon.com has multiple addresses; using 205.251.242.103
tracert to amazon.com (205.251.242.103), 64 hops max, 52 byte packets
 1  192.168.100.1 (192.168.100.1)  4.551 ms  3.654 ms  3.590 ms
 2  host-181-199-83-1.ecua.net.ec (181.199.83.1)  10.610 ms  9.621 ms  7.240 ms
 3  10.201.203.86 (10.201.203.86)  11.159 ms  8.368 ms  7.466 ms
 4  10.201.203.61 (10.201.203.61)  13.949 ms  8.179 ms  12.786 ms
 5  10.201.203.90 (10.201.203.90)  11.717 ms  7.975 ms  6.791 ms
 6  10.201.203.50 (10.201.203.50)  10.340 ms  11.794 ms  8.356 ms
 7  10.201.203.17 (10.201.203.17)  5.261 ms  6.437 ms  6.319 ms
 8  10.201.222.8 (10.201.222.8)  6.438 ms  6.371 ms  6.304 ms
 9  100.71.0.6 (100.71.0.6)  5.374 ms
10  10.201.222.29 (10.201.222.29)  8.965 ms  10.304 ms
11  186.101.24.50 (186.101.24.50)  7.032 ms
12  100.71.0.6 (100.71.0.6)  6.914 ms  5.089 ms
13  186.101.24.50 (186.101.24.50)  6.948 ms  5.806 ms  6.361 ms
14  * * *
15  * * *
16  * * *
```

No hay respuesta en los últimos 5 hops.
Asumimos que hemos llegado a un firewall

Dos routers para salir del sitio local.

- Un ISP con direccionamiento clase B está trabajando con una nueva compañía para asignarle una porción de espacio de direcciones basado en CIDR. La nueva compañía necesita direcciones IP para máquinas en tres divisiones de su red corporativa: Ingeniería, Marketing y Ventas. Estas divisiones planean crecer de la siguiente manera: Ingeniería tiene 5 máquinas como parte del inicio del año 1 y planea agregar 1 máquina cada semana; Marketing nunca tendrá más de 16 máquinas; y Ventas necesita 1 máquina por cada dos clientes. Al comienzo del año 1, la compañía no tiene clientes, pero el modelo de ventas indica que, para el comienzo del año 2, la compañía tendrá 6 clientes, y cada semana a partir de ahí vendrá un nuevo cliente con una probabilidad del 60%, perderá un cliente con la probabilidad del 20% o mantendrá el mismo número con la probabilidad del 20%.

- a) **¿Cuál rango de direcciones se requerirá para soportar el plan de crecimiento de la compañía por al menos 7 años, si marketing usa las 16 direcciones totales y los planes de ventas e ingeniería se comportan según lo esperado?**

Dado que el ISP trabaja con un direccionamiento de clase B, podemos trabajar con direcciones de: 128.0.0.0 a 191.255.255.255.

Ahora bien, Ingeniería agrega 1 máquina cada semana. Es decir que al final del primer mes del año 1 tendrá 4 máquinas. Y al final del año 1 tendrá 48 máquinas. Así que en siete años Ingeniería obtendrá $48 \times 7 = 336$ máquinas; a esto le sumamos las 5 máquinas con las que empezó el año 1, obteniendo un total de 341 máquinas. Por lo tanto, el direccionamiento en Ingeniería sería:

- Bloque CIDR: 128.0.1.0/23.
- Rango: 128.0.1.0 a 128.0.2.255. En total 512 direcciones.

Marketing nunca tendrá más de 16 máquinas a lo largo de los 7 años del plan. Por lo tanto, su direccionamiento sería:

- Bloque CIDR: 128.0.3.0/28
- Rango: 128.0.3.0 a 128.0.3.15. En total 16 direcciones.

Por último, en el caso de Ventas cada semana hay una probabilidad del 60% de ganar un nuevo cliente, pero un 20% de perder uno. Asumiendo que durante un año no se pierde ningún cliente y cada semana viene uno nuevo, al final del año tendríamos 48 clientes. Pero si a esto le aplicamos nuestras probabilidades obtendremos: $48 * 0.6 - 48 * 0.2 \approx 19$ clientes al final del año. En el año 1 no viene ningún cliente, así que, en 6 años (es decir al final del año 7) tendríamos aproximadamente $19 * 6 = 114$ clientes. A esto le sumamos los 6 clientes con los que comenzó el año 2, obteniendo un total de 120 clientes. Ventas necesita 1 máquina por cada dos clientes, entonces requiere $120/2=60$ máquinas para el plan de 7 años. Por lo tanto, su direccionamiento sería:

- Bloque CIDR: 128.0.3.16/26
- Rango: 128.0.3.16 a 128.0.3.80. En total 64 direcciones.

- b) **¿Cuánto tiempo durará esta asignación de direcciones? Para cuando la empresa se quede sin espacio de direcciones, ¿cómo se asignarían las direcciones a los tres grupos?**

Para Ingeniería disponemos de 512 direcciones, de las cuales 341 ya fueron usadas para las máquinas al final del año 7. Nos quedan entonces 171 direcciones disponibles. Sabemos que cada año se agregan 48 máquinas, así que esta asignación durará:

$$años = \frac{171}{48} = 3.56 \rightarrow 3 \text{ años y } 6 \text{ meses}$$

Para Marketing el número de máquinas es constante así que su asignación de direcciones no tiene límite de tiempo.

Para Ventas disponemos de 64 direcciones de las cuales 60 ya se usaron para el final del año 7. Entonces nos quedan 2 direcciones disponibles. Así que esta asignación durará:

$$años = \frac{2}{48 * 0.6 - 48 * 0.2} = 0.10 \rightarrow 1 \text{ mes}$$

Para cuando se terminen las direcciones disponibles, será necesario reasignar los rangos de direcciones de los tres grupos. En el caso de Ventas, el rango debería amoldarse a la proyección del crecimiento de la empresa y la demanda de los clientes.

- c) **Si el direccionamiento CIDR no estuviera disponible para el plan de 7 años, ¿qué opciones debería considerar la compañía para obtener espacio de direcciones?**

Si no usamos el direccionamiento CIDR, tendremos que usar todas las direcciones de la clase B, y todas las divisiones usarían el mismo espacio de direcciones. Las direcciones sin asignar se desperdiciarán.