

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS

Conjunto de problemas del Tema 2

1. Suponga un puente que interconecta 3 redes Ethernet. Dicho puente acaba de arrancarse. Indique, para cada suceso las direcciones de las máquinas que aprenderá y a través de qué puerto llega a las mismas. Sucesos: 1) arranca el puente, 2) A envía a D, 3) D envía broadcast, 4) E envía a B, 5) C envía a D, 6) E envía a F.

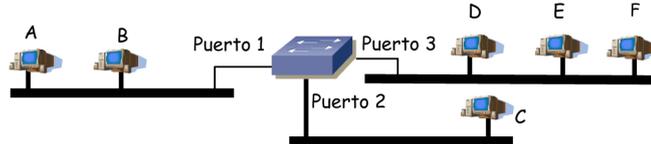


Figura 1.- Topología del problema 1

2. Explique las ventajas de un conmutador Ethernet frente a un Hub y viceversa
 3. Suponga la topología de la LAN Ethernet de la figura 2 donde todos los puertos son 100BaseTX. PC1 intenta enviar tramas a PC2 a la máxima velocidad y lo mismo hace PC2 hacia PC1. En el mejor caso y suponiendo un reparto justo ideal del ancho de banda entre los dos flujos, ¿cuál es el mayor flujo en bits por segundo que podrían obtener?

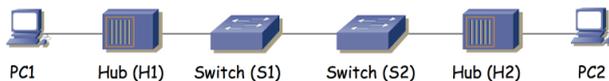


Figura 2.- Problema 3

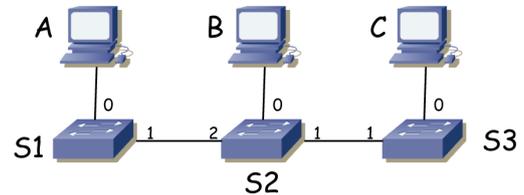


Figura 3.- Topología del problema 4

4. Una pequeña red sigue la topología de la figura 3. Los conmutadores acaban de reiniciarse por un problema de alimentación en su armario de equipos por lo que sus tablas de relación (MAC, puerto) están vacías. Tras cada uno de los siguientes eventos indique las direcciones que habrá en las tablas de los conmutadores al terminar el suceso. También indique los enlaces por los que haya circulado algún paquete durante ese evento.

- PC A envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCA, MAC destino = broadcast
- PC C envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCC, MAC destino = MACPCB
- PC B envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCB, MAC destino = MACPCC

5. Supongamos que una LAN está construida siguiendo el esquema de la figura 4, donde se alternan conmutadores y hubs Ethernet. Cada hub tiene 24 puertos 10Base-T a los que se conectan 20 hosts y cada conmutador tiene 12 puertos 100Base-TX a los que se conectan 5 máquinas. S1 posee un servidor web y otro de FTP mientras que S2 mantiene otro servidor web y los servidores de correo electrónico. Escriba cómo quedarán las tablas de asignación MAC-puerto de todos los conmutadores de la red tras terminar todos los siguientes sucesos:

- PC A envía una trama a broadcast.
- S1 envía una trama a PCA.
- PCA envía una trama a S1.
- S2 envía una trama a PCA.
- PCA envía una trama a S2.

6. En el escenario de la figura 5, PC1 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de broadcast. ¿Qué host/s verán el paquete en el cable? Tenga en cuenta que la subred a la derecha del conmutador de paquetes de nivel 3 (el router) puede ser o no ser una Ethernet

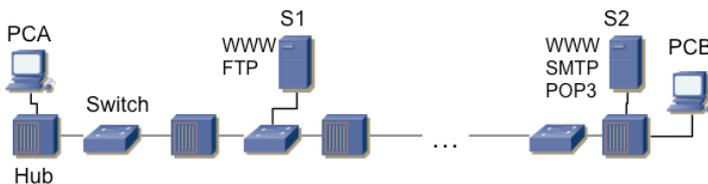


Figura 4.- Problema 5

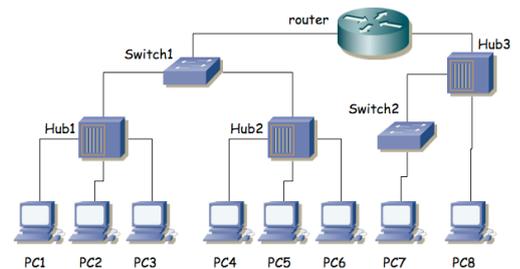


Figura 5.- Topología del problema 6

7. Suponga la LAN Ethernet de la figura 6. En ella hay 6 hosts y 5 conmutadores. Comienzan todos los conmutadores con sus bases de datos de filtrado vacías. En el instante 0 empieza PC1 a enviar de forma sostenida un flujo de tramas dirigidas a la dirección MAC de PC2, todas de 1200 Bytes y con una separación constante de 12 ms. En el instante 1 empieza a enviar otro flujo de tramas dirigidas a la dirección MAC de PC3, todas de 1000 Bytes y con una separación constante de 8 ms. En el instante 2 empieza a enviar otro flujo de tramas dirigidas a la dirección MAC de PC4, todas de 800 Bytes y con una separación constante de 3.2 ms. En el instante 3 empieza a enviar otro flujo de tramas dirigidas a la dirección MAC de PC6, todas de 500 Bytes y con una separación constante de 1 ms. Los flujos no cesan durante todo el intervalo de tiempo de interés para este problema.

Tras el comienzo de los flujos suceden los siguientes eventos:

- t = 4 : PC3 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4
- t = 5 : PC4 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC3
- t = 6 : PC2 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4
- t = 7 : PC4 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC5
- t = 8 : PC6 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4
- t = 9 : PC3 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC1
- t = 10 : PC6 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC3

Complete dos gráficas, una para el enlace entre S4 y S5 (sentido S4->S5) y la otra para el enlace entre S4 y S3 (sentido S4->S3). En ellas coloque en el eje horizontal el tiempo y en el vertical el número medio de Megabits por segundo que están circulando por el enlace debidos a los flujos que envía PC1.

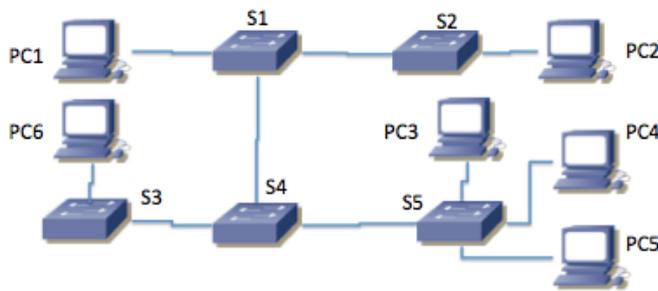


Figura 6.- Topología del problema 7

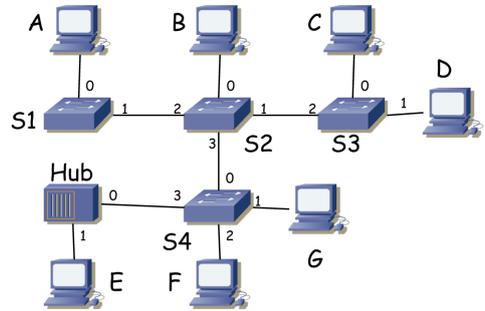


Figura 7.- Topología de la LAN

8. Una pequeña red sigue la topología de la figura 7. Los conmutadores acaban de reiniciarse por un problema de alimentación en su armario de equipos por lo que sus tablas de relación (MAC, puerto) están vacías. Tras cada uno de los siguientes eventos complete una fila de la tabla indicando las direcciones que habrá en las tablas de los conmutadores al terminar el suceso. Cada evento sucede a continuación del anterior y por lo tanto los conmutadores parten del estado anterior.

1. PC C envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCC, MAC destino = broadcast
2. PC D envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCD, MAC destino = MACPCC
3. PC F envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCF, MAC destino = MACPCE
4. PC B envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCB, MAC destino = MACPCC
5. PC D envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCD, MAC destino = MACPCB

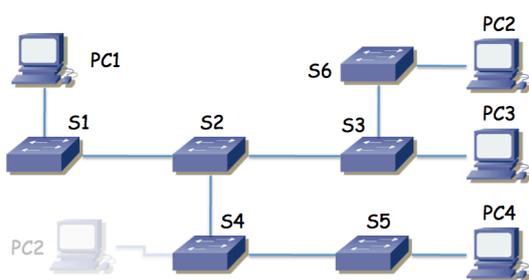


Figura 8.- Topología del problema 9

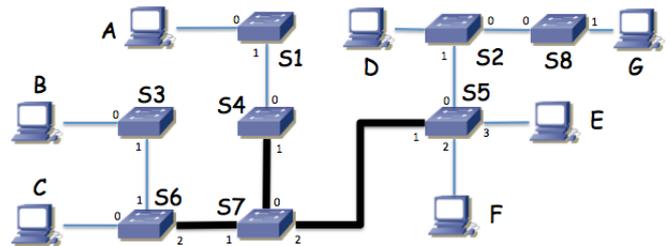


Figura 9.- Topología del problema 10

9. Supongamos el escenario Ethernet con conmutadores de la figura 8. Partiendo de todos los equipos recién encendidos y sin ninguna configuración estática en los conmutadores sucede que:

1. PC2 envía una trama de Broadcast
2. PC1 envía un flujo de tramas dirigido a la dirección MAC de PC2, una cada 10 segundos, sin detenerse
3. PC2 se desconecta del switch S6 y se conecta al switch S4 (ensombrecido en la figura)
4. PC2 envía una trama a PC1

¿Qué harán los conmutadores con la trama 4? ¿Qué sucederá a partir de ese momento con el flujo que PC1 sigue enviando a la dirección MAC de PC2?

5. PC3 envía una trama a PC2

¿Qué harán los conmutadores con la trama 5? ¿Qué direcciones MAC/puertos tiene ahora aprendidos el conmutador S5 en su tabla?

16. Una empresa tiene dos LANs Ethernet interconectadas a través de la WAN ATM de un proveedor de servicios de red. Las LANs Ethernet emplean encapsulado Ethernet II (DIX). El acceso de cada sede a la WAN se hace mediante un conmutador de paquetes de nivel 3 con un interfaz Ethernet en el lado LAN y un interfaz ATM en el lado WAN. Los enlaces de cada PC a la LAN son 100Base-TX mientras que el enlace de cada router es 10Base-T. El protocolo de nivel 3 emplea conmutación de datagramas, construyendo PDUs con cabeceras de 20 bytes y un bloque de datos de tamaño variable entre 0 y 65535 bytes. A la hora de transportar estos datagramas por la WAN se añade a cada uno una cabecera LLC/SNAP antes de segmentarlo en las celdas ATM necesarias. El tiempo de propagación extremo a extremo en la WAN (de un router al otro) es de 10ms mientras que el tiempo de propagación en cada segmento de la LAN se estima en 0.5µs. Se emplea un único circuito virtual a través de la WAN, el cual no está permanentemente establecido sino que se desconecta cuando transcurren 60 segundos sin que haya sido empleado. Cuando uno de los conmutadores de nivel 3 recibe un datagrama que debe enrutar hacia la otra LAN y el circuito virtual no está establecido, solicita el establecimiento, el cual se hace mediante una única celda que se envía desde un router extremo al otro y que es contestada con otra celda desde el otro router. A partir de que el router que inicia el establecimiento del SVC recibe la confirmación del otro extremo puede ya enviar celdas conteniendo los datos de usuario. El SVC es full-duplex con una tasa de transmisión en todos los enlaces de 155Mbps. Los conmutadores ATM (no los routers) configuran para el SVC de esta empresa no enviar más de una celda con datos cada 200µs en cada sentido, con lo que si un conmutador tiene más para enviar las deja a la espera hasta que haya transcurrido ese tiempo entre una y otra. Cada conmutador reserva 4 KiB para el almacenamiento de las celdas de cada circuito en cada sentido. El protocolo de nivel de transporte que emplean las aplicaciones incluye un encapsulado con cabeceras de 8 bytes y un tamaño de datos variable entre 0 y 2048 bytes. Este protocolo emplea datagramas y cada vez que recibe una PDU con datos de otro host envía de vuelta una nueva PDU sin datos pero que con solo la cabecera cumple funciones de confirmación de llegada. A la hora de transmitir datos se emplea una técnica de “parada y espera”, la cual implica que el nivel de transporte que envía una PDU con datos no envía otra hasta que la primera haya sido confirmada (supondremos que no se producen pérdidas de paquetes). Una aplicación en PC1 que emplea este nivel de transporte va a hacer una transferencia de 80 bytes de datos. Indique el tamaño de paquete que se envía por cada enlace, así como de qué PDUs está compuesto. Asumiendo que el SVC está establecido estime el tiempo necesario entre que el nivel de transporte empieza a enviar los datos en PC1 hasta terminan de llegar a PC2.

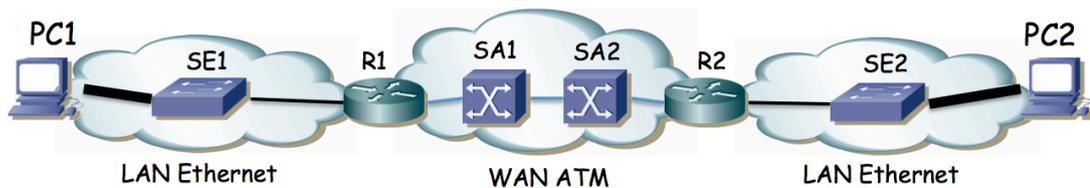


Figura 10.- Topología del problema 16

17. La figura 11 representa la red de una empresa con dos LANs Ethernet interconectadas por un conmutador de nivel 3 (etiquetado como S9). Supondremos que todos los conmutadores de capa 2 acaban de iniciarse con su configuración limpia. Las direcciones MAC de los interfaces de los PCs supondremos que son 00:00:00:00:00:0x donde x es el número de PC como se indica en la figura. Las direcciones MAC de los interfaces del router son 00:00:00:00:00:1y donde y es el número de LAN.

PC4 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de broadcast

a) Indique cuáles son los valores de direcciones MAC que aparecerán en los campos de dirección MAC origen y destino de esa trama

b) Indique los equipos que recibirán esa trama

c) Indique los conmutadores que reenviarán esa trama por alguno de sus puertos

A continuación PC1 envía una PDU de nivel 3 dentro de una trama Ethernet, dirigida a la dirección MAC 00:00:00:00:00:12. La PDU de nivel 3 se dirige a PC4. El switch S9 reenvía esa PDU a la LAN1, dirigida a la MAC de PC4.

A continuación PC3 envía una trama Ethernet dirigida a la MAC 00:00:00:00:00:11.

d) Indique los conmutadores que recibirán esta trama

e) Indique las direcciones MAC que conocen en este momento los switches S1 y S3

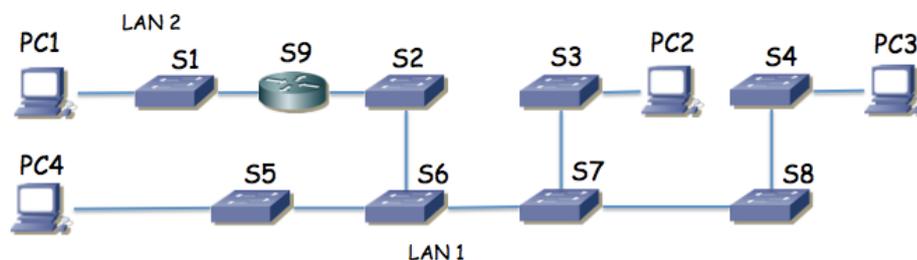


Figura 11.- Topología del problema 17

18. Indique las ventajas e inconvenientes de una topología en estrella frente a una topología en anillo

19. Un protocolo de nivel de transporte acepta bloques de datos del usuario tan grandes como se desee. Construye PDUs de tamaño variable, con una cabecera de 8 bytes y un campo de datos con un máximo de 4 GiB. El protocolo de nivel de red emplea una cabecera de 40 bytes, no soporta fragmentación y puede tener un campo de datos de tamaño variable, alcanzando la PDU completa un tamaño máximo de 65536 bytes. Este protocolo de nivel de red se transporta en una LAN Ethernet empleando LLC/SNAP. Calcule la cantidad de datos que debería contener una PDU de nivel de transporte para formar una trama Ethernet del tamaño máximo.

20. Dado un conmutador Ethernet cuya tabla de direcciones MAC aprendidas contiene en un cierto instante la información que se ve en la tabla 2 indique las acciones que llevará a cabo el conmutador ante las siguientes tramas Ethernet (estas acciones pueden serlo sobre la trama y/o sobre la tabla)

- MAC origen 00:08:ef:fe:09:90, MAC destino 00:1e:ef:54:23:a3, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 1 del conmutador
- MAC origen 00:aa:bb:1e:34:33, MAC destino 00:00:ee:dc:c0:00, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 2 del conmutador
- MAC origen 00:00:cd:dc:00:00, MAC destino 00:11:21:23:22:ae, Ethertype 0x0806, llega por el puerto 3 del conmutador
- MAC origen 00:dd:cc:dd:44:34, MAC destino 00:08:ef:fe:09:90, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 3
- MAC origen 00:45:69:e9:12:12, MAC destino 00:98:76:78:e5:22, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 2
- MAC origen 00:dd:cc:dd:44:34, MAC destino 00:1e:ef:54:23:a3, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 1

MAC-address	Port
00:08:43:45:ac:d2	0
00:1e:ef:54:23:a3	1
00:11:22:ef:54:55	0
00:00:cd:dc:00:00	1
00:aa:bb:1e:34:33	2
00:98:76:78:e5:22	2
00:dd:cc:dd:44:34	3
00:45:69:e9:12:12	2

21. Suponga una PDU de nivel 3 que se va a transportar directamente sobre un PVC ATM. La PDU de nivel 3 tiene un tamaño de 823 bytes. Calcule el número de celdas ATM que se enviarán por la red. ¿Qué porcentaje de los bytes enviados por el nivel ATM corresponden a cabeceras de sus celdas?

22. En el escenario de la figura 12 todos los conmutadores acaban de reiniciarse y tienen por lo tanto sus bases de datos de filtrado vacías. A continuación se envían una serie de tramas. Para cada una indique qué conmutadores y qué interfaces Ethernet de ordenadores verán dicha trama.

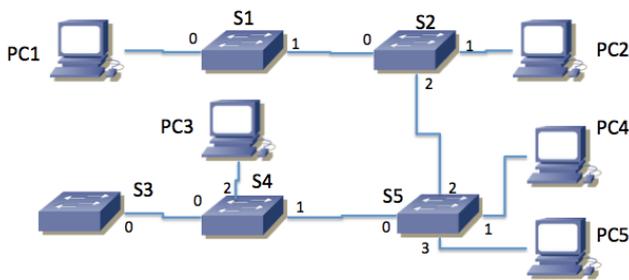


Figura 12.- Topología del problema 22

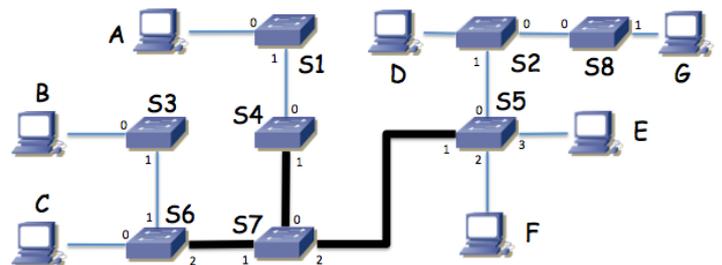


Figura 13 – Topología de red del problema 23

- PC2 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC5
- PC5 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC1
- PC3 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC5
- PC2 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC3
- PC1 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC4

En este momento el Switch S5 se reinicia

- PC4 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC1
- PC3 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de broadcast
- PC2 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC1

Indique a continuación de forma resumida las bases de datos de filtrado de los conmutadores. Para ello, para cada conmutador y puerto indique los PCs cuyas direcciones MAC el conmutador cree que se alcanzan por cada uno.

23. Una pequeña red sigue la topología de la figura 13. Los conmutadores acaban de reiniciarse por un problema de alimentación en su armario de equipos por lo que sus tablas de relación (MAC, puerto) están vacías. Haremos referencia a un enlace indicando los dos extremos, por ejemplo el enlace S3-S6 o el enlace PCE-S5.

Las direcciones MAC de los hosts son: PC A = 00:00:01:00:ab:bc, PC B = 00:00:01:01:ac:d2, PC C = 00:00:01:12:11:14, PC D = 00:13:a3:00:00:34, PC E = 00:98:8e:ee:fe:35, PC F = 00:23:23:43:4e:f3, PC G = 00:3e:e5:32:00:01.

El PC D envía una trama con MAC destino la dirección MAC del PC F.

- Indique los enlaces que atravesará dicha trama y en cada uno cuáles serán los valores de dirección MAC origen y destino en la trama
- A continuación el PC E envía una trama dirigida a la dirección MAC del PC D.
- Indique los enlaces que atravesará dicha trama y en cada uno cuáles serán los valores de dirección MAC origen y destino en la trama
- A continuación el PC A envía una trama dirigida a la dirección MAC de broadcast.
- Indique los enlaces que atravesará dicha trama y en cada uno cuáles serán los valores de dirección MAC origen y destino en la trama
- A continuación el PC B envía una trama dirigida a la dirección MAC del PC E.
- Indique los enlaces que atravesará dicha trama y en cada uno cuáles serán los valores de dirección MAC origen y destino en la trama

24. La figura 14 muestra una red de área local Ethernet formada por 4 conmutadores y un Hub. Todos los conmutadores tienen puertos 10/100Base-T/TX y el Hub es 10Base-T. Todos los cables son de menos de 100m categoría 5. La red lleva un tiempo funcionando y todos los equipos han poblado sus tablas de relación dirección MAC-puerto (todos los hosts han enviado alguna trama dirigida a la dirección MAC de broadcast). En cierto instante se reinician los conmutadores S3 y S4.

Las siguientes tramas se envían con suficiente separación para que haya terminado de reenviarse una por todos los equipos antes de comenzar el envío de la siguiente (topología de la figura 14). Indique los PCs a los que llegarán esas tramas (a sus interfaces de red aunque decidan no leerlas) y los conmutadores a los que llegarán.

- Dirección MAC origen la del interfaz de host B, destino de host E
- Dirección MAC origen la del interfaz de host C, destino de host E
- Dirección MAC origen la del interfaz de host D, destino de host C

Tras completarse el reenvío de esas tres tramas indique cómo han quedado todas las tablas de relación MAC-puerto (suponiendo que no caducan entradas en los conmutadores).

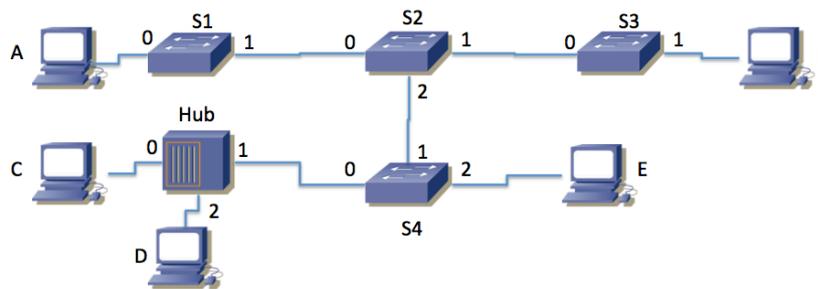


Figura 14 – Topología de red del problema 24

25. En la topología de LAN Ethernet de la figura 15 todos los enlaces son 1000Base-T y los conmutadores se encuentran con sus bases de datos de filtrado vacías.

- En $t=0$ el PC A empieza a enviar un flujo al PC D de paquetes equiespaciados a una tasa media de 1Mbps
- En $t=10$ s el PC A empieza a enviar un flujo al PC B de paquetes equiespaciados a una tasa media de 2Mbps
- En $t=20$ s el PC C empieza a enviar un flujo al PC F de paquetes equiespaciados a una tasa media de 4Mbps
- En $t=30$ s el PC B empieza a enviar un flujo al PC E de paquetes equiespaciados a una tasa media de 8Mbps
- En $t=40$ s el PC C empieza a enviar un flujo al PC D de paquetes equiespaciados a una tasa media de 16Mbps
- En $t=50$ s el PC D empieza a enviar un flujo al PC C de paquetes equiespaciados a una tasa media de 32Mbps

Haga una gráfica donde en el eje de abscisas esté el tiempo y en el eje de ordenadas el flujo medio que debe estar atravesando el enlace entre los conmutadores S4 y S5 (sentido de S4 a S5).

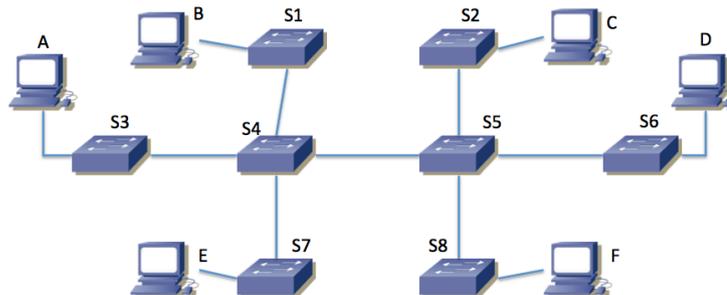


Figura 15 – Topología del problema

26. La figura 16 muestra una red Ethernet con conmutadores. Están numerados los puertos de todos esos equipos. La dirección MAC del PC A la llamaremos MACA, la del PC B será MACB y análogamente las del resto de PCs. El enlace del puerto 1 del switch S4 al puerto 2 del switch S2 lo denominaremos S4:1->S2:2. Los conmutadores parten con sus bases de datos de filtrado vacías. Se envían las tramas Ethernet que se describen a continuación. Indique para cada trama los enlaces por los que circula y tras el envío de todas ellas indique el contenido de la base de datos de filtrado del conmutador S2.

- De MACC a MACD
- De MACF a MACE
- De MACE a MACC
- De MACA a MACB
- De MACF a MACD
- De MACD a MACC

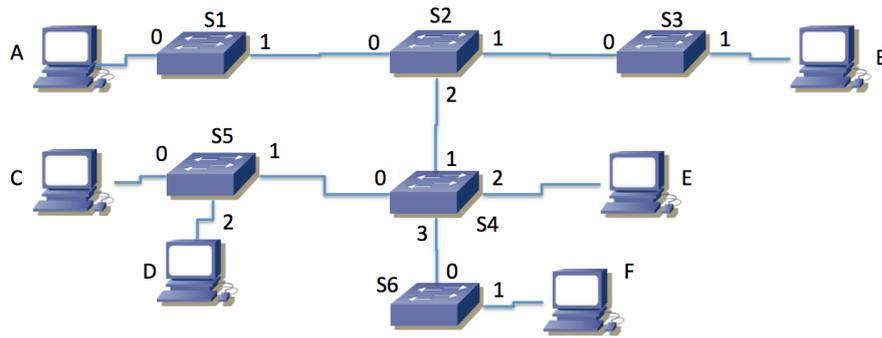


Figura 16 – Topología del problema

27. La figura 17 muestra una red Ethernet con conmutadores. Todos los interfaces son 100BaseTX. Están numerados los puertos de todos esos equipos. La dirección MAC del PC A la llamaremos MACA, la del PC B será MACB y análogamente las del resto de PCs. El enlace del puerto 1 del switch S4 al puerto 0 del switch S7 lo denominaremos S4:1->S7:0 en un sentido y S7:0->S4:1 en el otro; análogamente los enlaces con los PCs. Los conmutadores parten con sus bases de datos de filtrado vacías. Suceden los siguientes 7 eventos:

1. $T = 0$: PC A comienza a enviar un flujo de tramas Ethernet del tamaño mínimo, una cada 1s. Van todas dirigidas a la dirección MAC de PC B.
2. $T = 2.4s$: PC B envía una trama del tamaño mínimo dirigida a la dirección MAC de PC A.
3. $T = X$: Cuando la trama del evento anterior alcanza al PC A, éste deja de enviar el flujo que comenzó en $T = 0$.
4. $T = X+1s$: PC A comienza a enviar un flujo de tramas Ethernet del tamaño máximo, una cada 200ms. Van todas dirigidas a la dirección MAC de PC B.
5. $T = 3s$: PC B se desconecta del conmutador S3
6. $T = 4s$: PC B se reconecta pero se equivocan y lo conectan al conmutador S4
7. $T = 5s$: PC B envía una trama Ethernet del tamaño mínimo dirigida a la dirección MAC de broadcast.

Suponiendo que no hay más tráfico en la red calcule aproximadamente cuántos bytes habrán circulado por cada enlace en cada sentido entre el instante $T = 0$ y el instante $T = 6s$.

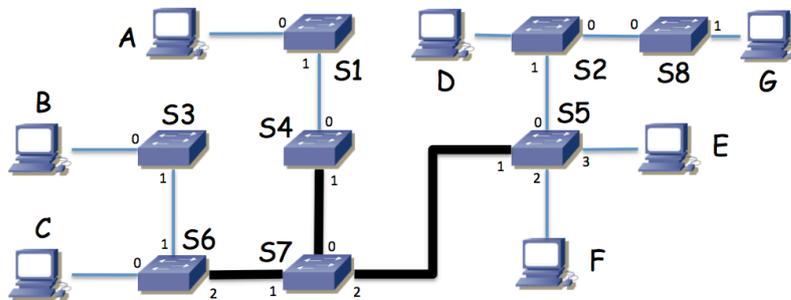


Figura 17 – Topología del problema

28. Una pequeña red Ethernet sigue la topología de la figura 18. Los conmutadores (S1, S2, S3, S4 y S5) acaban de reiniciarse por lo que sus tablas de relación (MAC, puerto) están vacías. Suceden los siguientes eventos, cada uno aproximadamente 5 segundos después del anterior:

1. PC B envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCB, MAC destino = broadcast
2. PC A envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCA, MAC destino = MACPCB
3. PC E envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCE, MAC destino = MACPCF
4. PC F envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCF, MAC destino = MACPCE
5. PC H envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCH, MAC destino = MACPCF
6. PC H envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCH, MAC destino = MACPCA

a) Indique los enlaces (y sentido de los mismos) por los que circule cada trama

b) Suponga que cada uno de los hosts de la figura 18 envía una trama del tamaño mínimo cada segundo dirigida a la dirección MAC de broadcast. Indique cuál es aproximadamente la tasa media en kilobits por segundo que supone este tráfico en cada uno de los enlaces (y sentido del mismo).

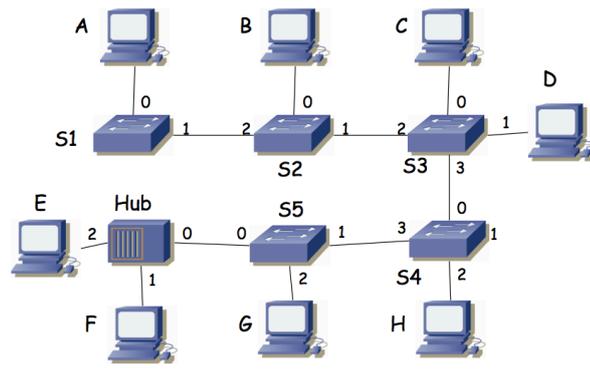


Figura 18 – Topología del problema

SOLUCIONES

15.

a) Los primeros 6 bytes corresponden a la dirección MAC destino; en este caso FF:FF:FF:FF:FF:FF y por lo tanto la dirección reservada para broadcast. Los siguientes 6 bytes forman la dirección MAC origen, la dirección del interfaz que ha enviado la trama, 00:07:7D:0A:C9:C0. A continuación viene un valor de 2 bytes que según valga más o menos que 1500 (en decimal) es un Ethertype o la longitud del campo de datos. En este caso es un Ethertype, 0x0806 o en decimal 2054. Le siguen los datos de la trama Ethernet y los 4 últimos bytes (BC BF F9 01) son el CRC de la trama.

17.

a) Campo dirección MAC origen = 00:00:00:00:00:04. Campo dirección MAC destino = FF:FF:FF:FF:FF:FF

b) Los hosts PC2 y PC3. Los conmutadores S5, S6, S2, S7, S3, S8, S4 y S9.

c) S5, S6, S2, S7, S3, S8 y S4 la reenviarán por todos sus puertos menos por aquel por el cual la reciben.

d) Los conmutadores S4, S8, S7, S3, S6, S2 y S9

e) El conmutador S1 conoce la localización del interfaz de dirección 00:00:00:00:00:01. El conmutador S3 conoce la localización de los interfaces de direcciones 00:00:00:00:00:04 y 00:00:00:00:00:03

18. Una topología en anillo es la solución más simple que presenta un camino alternativo entre dos nodos cualesquiera en caso de enlaces bidireccionales. En comparación, la topología en estrella no presenta redundancia. Por otro lado, la distancia en número de saltos en los caminos entre los nodos aumenta a medida que aumenta el diámetro del anillo mientras que en una topología en estrella se mantiene constante. Respecto a la cantidad de tráfico que pueda cursar la topología, en una topología en estrella existe un cuello de botella en el nodo central, aunque no en enlaces, mientras que en la topología en anillo (siempre que el tráfico no deba dar toda la vuelta al anillo) puede distribuirse más el tráfico entre los enlaces y los nodos.

19. En Ethernet con encapsulado LLC/SNAP la MTU es de 1492 bytes. Para alcanzar este tamaño hace falta una PDU de nivel 3 de ese tamaño. Con una cabecera de nivel 3 de 40 bytes eso significa una PDU de nivel 4 de $1492-40=1452$ bytes. Dado que la cabecera del protocolo de nivel 4 es de 8 bytes, la cantidad de datos en el nivel de transporte debe ser de $1452-8=1444$ bytes.

20.

a) El conmutador añadirá una entrada a la tabla (si tiene espacio) apuntando la dirección MAC 00:08:ef:fe:09:90 asociada al puerto 1. La dirección MAC destino está en la tabla, asociada al puerto 1. Como la trama ha entrado por ese mismo puerto no se reenviará por ninguno.

b) La dirección MAC origen ya se encuentra en la tabla, asociada al mismo puerto. El conmutador reiniciará el contador de tiempo de envejecimiento de esa entrada. La dirección MAC destino no está en la tabla así que el conmutador reenviará la trama por todos los puertos menos por el puerto 2.

c) La dirección MAC origen está ya en la tabla pero asociada a otro puerto así que se cambiará la entrada y se reiniciará el contador de envejecimiento. La dirección MAC destino no está en la tabla así que el conmutador reenviará la trama por todos los puertos menos por el puerto 3.

d) La dirección MAC origen ya se encuentra en la tabla, asociada al mismo puerto. El conmutador reiniciará el contador de tiempo de envejecimiento de esa entrada. La dirección MAC destino está en la tabla desde el evento de la pregunta (a) así que el conmutador reenviará la trama por el puerto 1.

e) La dirección MAC origen ya se encuentra en la tabla, asociada al mismo puerto. El conmutador reiniciará el contador de tiempo de envejecimiento de esa entrada. La dirección MAC destino está en la tabla, asociada al puerto 2. Como la trama ha entrado por ese mismo puerto no se reenviará por ninguno.

f) La dirección MAC origen está ya en la tabla pero asociada a otro puerto así que se cambiará la entrada y se reiniciará el contador de envejecimiento. La dirección MAC destino está en la tabla, asociada al puerto 1. Como la trama ha entrado por ese mismo puerto no se reenviará por ningún puerto.

21. Los 823 bytes se reparten en celdas de 48 bytes de datos. Se requieren entonces 18 celdas, aunque la última no solo contenga datos de la PDU de nivel 3 sino también relleno. Se están transmitiendo entonces $18 \times 53 = 954$ bytes de los cuales son cabeceras de celdas ATM $18 \times 5 = 90$ bytes. El 9.43% de los bytes son cabeceras de celdas ATM.