

## Ejercicios de Redes: soluciones

1. Supoñamos un paquete de lonxitude  $L$  que ten o seu orixe no host A e que viaxa a través de tres enlaces, conectados mediante dous dispositivos de conmutación de paquetes, ata un host destino B. Supoñamos que  $d_i$ ,  $v_i$  e  $R_i$  son a lonxitude, a velocidade de propagación e a velocidade de transmisión do enlace  $i$ , para  $i = 1, 2, 3$ , respectivamente. Cada dispositivo de conmutación de paquetes retarda cada paquete un tempo  $t_{\text{proc}}$ .
  - a) Supoñendo que non se produce retardo nas colas, cal é o retardo total de extremo a extremo en función dos parámetros  $d_i$ ,  $v_i$ ,  $R_i$  (con  $i = 1, 2, 3$ ) e  $L$ .
  - b) Supoñamos que a lonxitude do paquete é de 1.500 bytes, a velocidade de propagación dos enlaces é  $2,5 \cdot 10^8$  m/s, a velocidade de transmisión nos tres enlaces é de 2 Mbps, o retardo de procesamento en cada conmutador de paquetes é de 3 milisegundos, a lonxitude do primeiro enlace é de 5.000 Km, a do segundo 4.000 Km e a do último 1.000 Km. Para estes valores, cal é o retardo total de extremo a extremo?
  - c) Debuxa a situación do apartado anterior nun diagrama de tempo.

a)

$$t_{\text{extr-extr}} = \frac{L}{R_1} + \frac{L}{R_2} + \frac{L}{R_3} + \frac{d_1}{v_1} + \frac{d_2}{v_2} + \frac{d_3}{v_3} + t_{\text{proc}} + t_{\text{proc}}$$

b)

$$t_{\text{tran}_1} = \frac{L}{R_1} = \frac{1500 \cdot 8}{2 \cdot 10^6} = 6 \text{ ms} = t_{\text{tran}_2} = t_{\text{tran}_3}$$

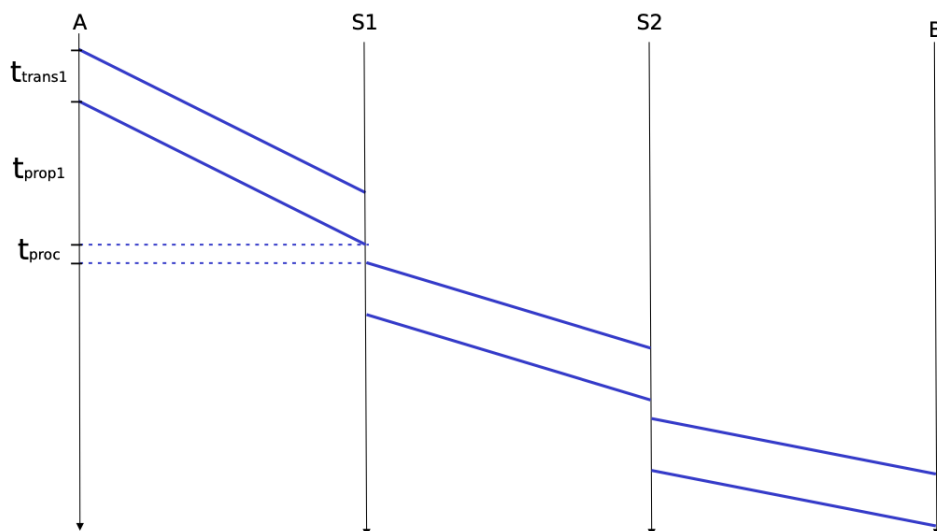
$$t_{\text{prop}_1} = \frac{d_1}{v_1} = \frac{5000 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 10^8} = 20 \text{ ms}$$

$$t_{\text{prop}_2} = \frac{d_2}{v_2} = \frac{4000 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 10^8} = 16 \text{ ms}$$

$$t_{\text{prop}_3} = \frac{d_3}{v_3} = \frac{1000 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 10^8} = 4 \text{ ms}$$

$$t_{\text{extr-extr}} = 6 + 6 + 6 + 20 + 16 + 4 + 3 + 3 = 64 \text{ ms}$$

c) Diagrama de tempo.



2. Supoñer que se necesita enviar de forma urgente 40 terabytes (usar 1 terabyte como  $10^{12}$  bytes) desde Santiago a Xinebra, que son 1.600 Km. Disponese dun enlace dedicado a 100 Mbps para a transferencia de datos, con velocidade de propagación infinita. Que é preferible, transmitir os datos a través do enlace ou utilizar unha empresa de mensaxería que os entregue en 24 horas? Razoa a resposta.

Calculamos o tempo de transmisión:

$$t_{\text{trans}} = \frac{40 \cdot 10^{12} \cdot 8}{100 \cdot 10^6} = 32 \cdot 10^5 \text{ s} \implies \frac{32 \cdot 10^5}{60 \cdot 60 \cdot 24} \simeq 37 \text{ días}$$

Mellor utilizar a empresa de mensaxería.

3. Supoñer un enlace de microondas a 10 Mbps entre un satélite xeoestacionario e a súa estación base na Terra, a unha distancia de 36.000 Km. O satélite toma unha fotografía dixital por minuto e a envía á estación base. A velocidade de propagación é de  $2,4 \times 10^8$  m/s.

- a) Cal é o retardo de propagación do enlace?

$$t_{\text{prop}} = \frac{36.000 \cdot 10^3}{2,4 \cdot 10^8} = 150 \text{ ms}$$

- b) Calcular o produto retardo por ancho de banda.

$$t_{\text{prop}} \times BW = 150 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^6 = 1.500.000 \text{ bits}$$

- c) Sexa  $x$  o tamaño da fotografía en bytes. Calcular o valor mínimo de  $x$  para que o enlace esté transmitindo continuamente.

Para elo debense transmitir polo enlace  $x$  bytes nun minuto.

$$x = \frac{10 \cdot 10^6}{8} \cdot 60 = 75 \cdot 10^6 \text{ bytes } (6 \cdot 10^8 \text{ bits})$$

4. Cal é o retardo total dunha trama de 5 millóns de bits que se envía por un enlace con 10 nodos, cada uno dos cales ten un tempo de espera na cola de  $2 \mu\text{s}$  e un tempo de procesamento de  $1 \mu\text{s}$ . A lonxitude total dos enlaces é de 2000 Km e a velocidade da sinal a través dos enlaces é de  $2 \times 10^8$  m/s. Os once enlaces teñen un ancho de banda de 5 Mbps. Qué compoñente do retardo total é dominante? Cal é despreziable?

$$t_{\text{total}} = 11 \cdot t_{\text{trans}} + t_{\text{proptotal}} + 10 \cdot t_{\text{proc}} + 10 \cdot t_{\text{cola}}$$

$$t_{\text{trans}} = \frac{5 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^6} = 1 \text{ s}$$

$$t_{\text{proptotal}} = \frac{2000 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^8} = 0,01 \text{ s}$$

$$t_{\text{total}} = 11 \cdot 1 + 0,01 + 10 \cdot 1 \cdot 10^{-6} + 10 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 11,01003 \text{ s}$$

Dominante: tempo de transmisión.

Despreziable: tempo de procesamento e de espera nas colas.

5. Un conmutador recibe un paquete e determina o enlace saliente polo que deberá ser reenviado. Cando o paquete chega, hai outro paquete x transmitido ata a metade polo mesmo enlace de saída e ademais hai outros catro paquetes esperando para seren transmitidos. Os paquetes transmitense por orde de chegada. Supón que todos os paquetes teñen unha lonxitude de 1.500 bytes e que a velocidade do enlace é de 2 Mbps. Cal é o retardo de cola para o paquete?

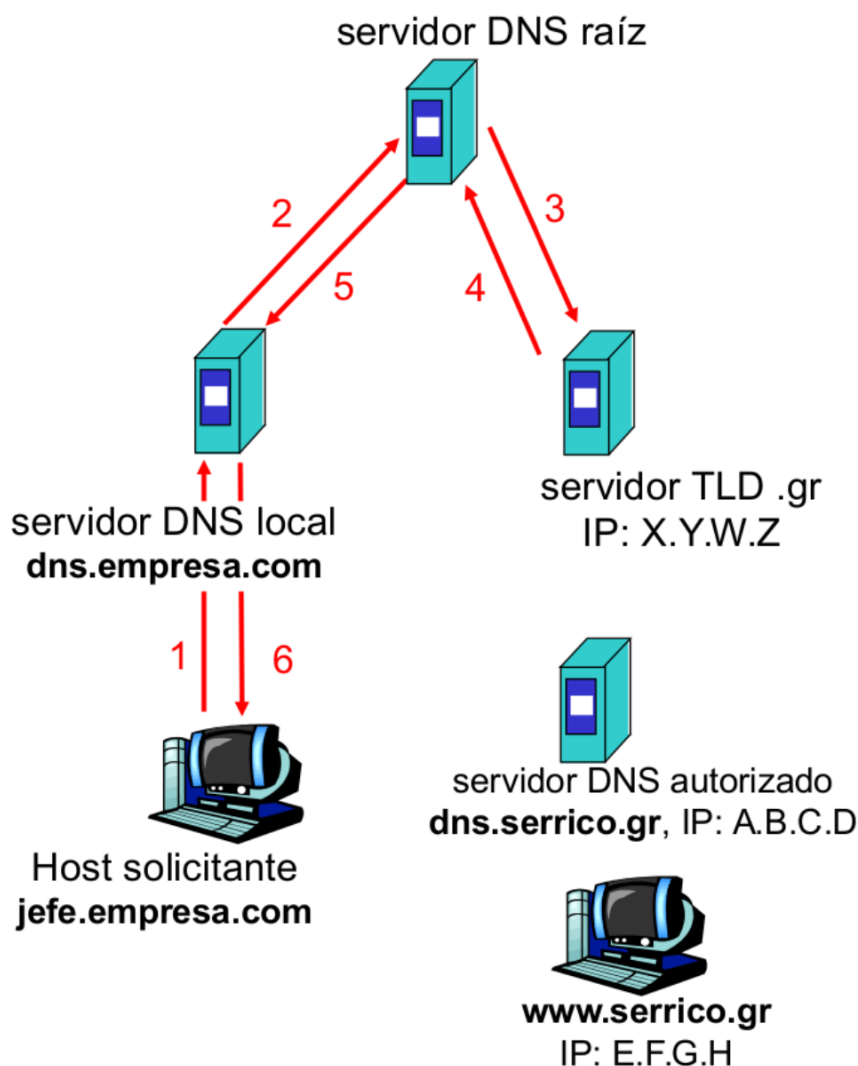
O paquete que chega debe esperar a que se transmitan  $750 + 4 \cdot 1.500 = 6.750$  bytes. Polo tanto, o tempo na cola é:

$$t = \frac{6.750 \cdot 8}{2 \cdot 10^6} = 27 \text{ ms}$$

6. Certo portal de Internet utiliza *cookies* para manter un rexistro das preferencias del usuario. Nalgúns casos, estas preferencias poderían ser tan grandes (equipos de deportes, tipos de noticias, produtos de interese...) que se podería alcanzar o límite de 4 KB das *cookies*. Describe unha forma alternativa para manter o rexistro de preferencias que non teña ese problema.

En lugar de que a información de preferencias se almacene na *cookie* no navegador do cliente, poderíase almacenar nunha base de datos do servidor. Neste caso, o que se almacenaría no cliente sería un identificador para localizar a información na base de datos do servidor.

7. Indica se as seguintes afirmacións sobre o DNS son verdadeiras ou falsas. Razona **brevemente** a resposta.
- a) O DNS informa sobre os servidores autorizados para un dominio. Verdadeiro. Ademais de traducir nomes de hosts a direccións IP e viceversa, realiza alias de servidores de correo e distribución da carga, devolvendo de forma cíclica las IPs.
  - b) O protocolo HTTP necesita do DNS para que funcione. Falso. Se o equipo xa ten a IP asociada a un nome de host, non necesita o DNS.
  - c) O mecanismo NAT permite que varios hosts poidan realizar consultas ao DNS. Verdadeiro. NAT permite a saída a Internet de varios hosts usando unha única IP pública, polo tanto, permite que esos hosts poidan consultar o DNS.
  - d) Nas consultas recursivas, o servidor DNS local é o único que contacta con todos os servidores necesarios. Falso. É nas iterativas. Nas recursivas é o servidor interrogado o que fai a consulta e cando sabe a resposta envíasella ao que o interrogou a el.
8. Representar cun diagrama todos os pasos involucrados na resolución de nomes recursiva onde o equipo `jefe.empresa.com` consulta a o seu servidor DNS local (`dns.empresa.com`) pola dirección IP asociada ao host `www.serrico.gr`. Supoñer que a caché DNS do servidor TLD dispón da entrada correspondente con IP do host `www.serrico.gr`. Completar a seguinte táboa cos datos dos sucesivos mensaxes DNS que se producen. Inventar as direccións IP que necesitéis durante todo o proceso.



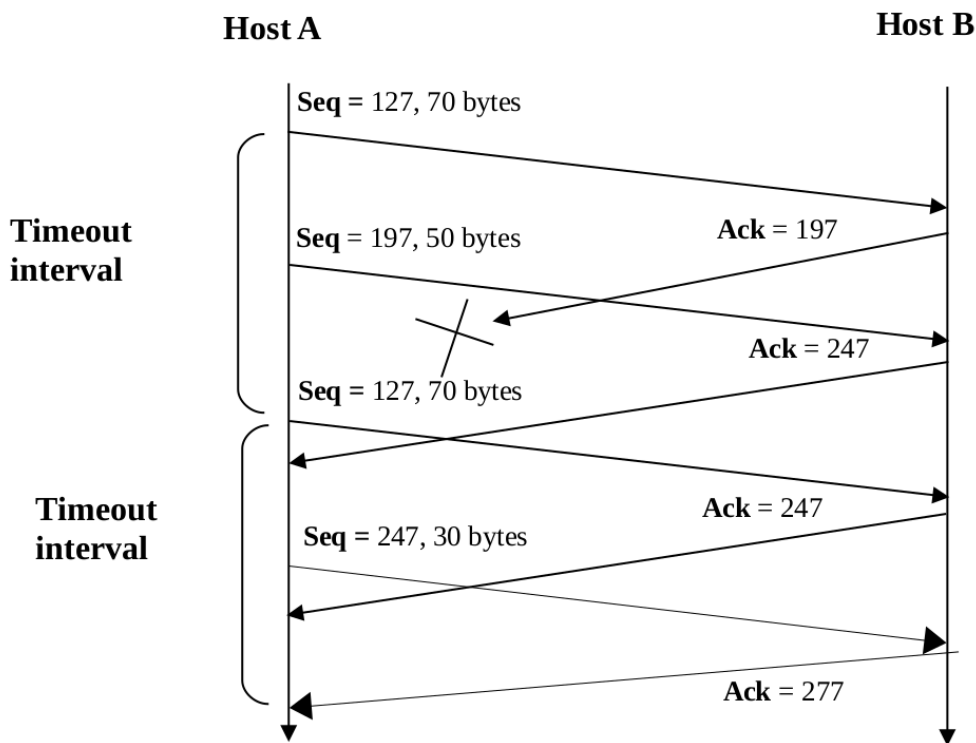
Paso	Origen	Destino	Tipo	Información
1	jefe.empresa.com	dns.empresa.com	Consulta	IP de <code>www.serrico.gr</code> ?
2	dns.empresa.com	Algún servidor raíz	Consulta	IP de <code>www.serrico.gr</code> ?
3	O raíz de antes	X.Y.W.Z (TLD)	Consulta	IP de <code>www.serrico.gr</code> ?
4	X.Y.W.Z	O raíz de antes	Resposta	A IP é E.F.G.H
5	O raíz de antes	dns.empresa.com	Resposta	A IP é E.F.G.H
6	dns.empresa.com	jefe.empresa.com	Resposta	A IP é E.F.G.H

No paso 4 xa non é necesario consultar ao servidor autorizado, xa que o servidor TLD obtén a IP problema da súa caché, según o enunciado.

9. Os host A e B están comunicándose a través dunha conexión TCP e o host B xa recibiu todos os bytes ata o byte 126. Supoñamos que a continuación o host A envía dous segmentos seguidos a B. O primeiro e segundo segmentos conteñen 70 e 50 bytes de datos, respectivamente. No primeiro segmento, o número de secuencia é 127, o porto orixe 5302 e o porto destino 80. O host B envía un ACK cando recibe un segmento de A.

- No segundo segmento enviado desde A a B, cal é o número de secuencia, o porto orixe e o porto destino?
- Se o primeiro segmento chega antes que o segundo, cal é o número de ACK, o porto orixe e o porto destino no ACK correspondente ao primeiro segmento?

- c) Se o segundo segmento chega antes que o primeiro, cal é o número de ACK correspondente ao primeiro ACK que chega?
- d) Supoñamos que os dous segmentos enviados chegan en orden. O primeiro ACK perdese e o segundo chega despois de trascurrido o primeiro intervalo de fin de temporización. Dibuxar un diagrama de tempo que mostre estes segmentos e tódolos segmentos restantes e ACKs enviados, cos números de secuencia ou de ACK. Dibuxar no esquema un segmento posterior de 30 bytes de datos que A envía a B e o seu ACK correspondente.
- a) Nun segundo segmento desde o host A a B, o número de secuencia é 197, o porto orixe 5302 e o porto destino 80.
- b) Se o primeiro segmento chega antes que o segundo, no ACK do primeiro segmento que chega, o número de ACK é o 197, o porto orixe 80 e o porto destino 5302.
- c) Se o segundo segmento chega antes que o primeiro, no ACK do primeiro segmento que chega, o número de ACK é o 127, indicando que todavía está esperando polo byte 127 e seguintes.
- d)



10. Desexase transferir un arquivo de gran tamaño de  $L$  bytes do host A ao host B. Supoñer un MSS de 536 bytes.

- a) Cal é o valor máximo de  $L$  tal que non se esgoten os números de secuencia de TCP? Recordade que o campo número de secuencia de TCP ten 4 bytes.
- b) Para o valor de  $L$  obtido, calcular o tempo que tarda en transmitirse o arquivo. Supoñer que a cada segmento engadeselle un total de 66 bytes para as cabeceiras das capas de transporte, rede e enlace antes de enviar o paquete resultante a través dun enlace de 155 Mbps. Ignorar o control de fluxo e o control de conxestión de modo que A poda bombardear los segmentos seguidos e de forma continuada.

- a) O número de secuencia non se incrementa en un con cada segmento, senón que se incrementa en función do número de bytes enviados. Polo tanto, o MSS é irrelevante para calcular  $L_{\text{máx}}$ . O tamaño máximo de arquivo para enviar de A a B é simplemente o número de bytes representables con 32 bits, que é  $2^{32} = 4 \text{ GiB} \approx 4,29 \text{ GB}$ .
- b) O número de segmentos do arquivo:

$$\left\lceil \frac{2^{32}}{536} \right\rceil = 8.012.999 \text{ segmentos}$$

Hai que engadirilles as cabeceiras, resultando:

$$8.012.999 \cdot 66 = 528.857.934 \text{ bytes de cabecera}$$

O total de bytes transmitidos  $N = 2^{32} + 528.857.934 = 4.823.825.230 \text{ bytes}$

O tempo de transmisión:

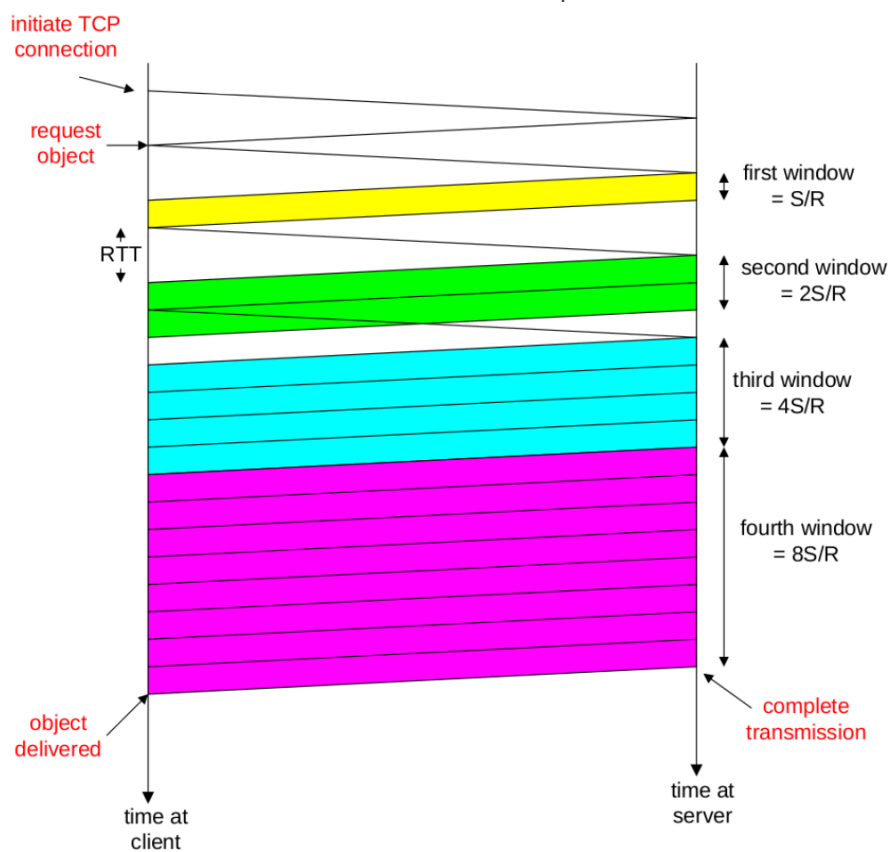
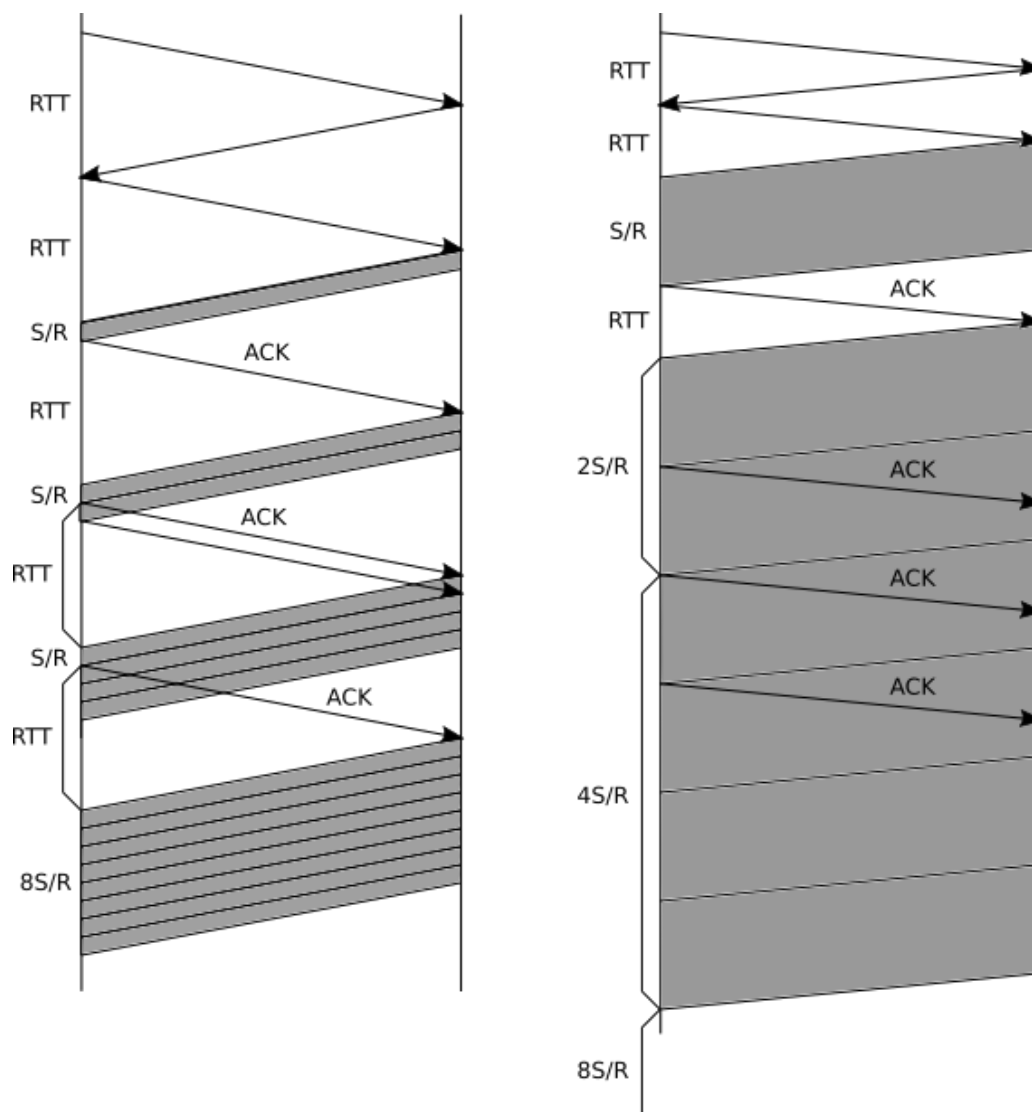
$$t_{\text{trans}} = \frac{N \cdot 8}{155 \cdot 10^6} = 248,97 \approx 249 \text{ s}$$

11. Supoñer que se ten un cliente e un servidor web directamente conectado a través dun enlace de velocidade  $R$ , que o cliente desexa obter un arquivo de tamaño  $15S$  onde  $S$  é o MSS e que o RTT é constante. Ignorando as cabeceiras do protocolo HTTP, determinar o tempo necesario para obter o obxecto (incluíndo o tempo necesario para establecer a conexión TCP), supoñendo que está en la fase de inicio lento (crecemento exponencial), nos seguintes casos:

- a)  $S/R + \text{RTT} > 4S/R$  ou ben  $\text{RTT} > 3S/R$  (RTT alto)
- b)  $S/R > \text{RTT}$  (RTT baixo)
- c)  $4S/R > S/R + \text{RTT} > 2S/R$  ou bien  $3S/R > \text{RTT} > S/R$  (RTT intermedio)

Para elo, dibuxar os diagramas de tempo que mostren os segmentos transmitidos.

- a) Neste caso o RTT é alto comparado con  $S/R$ , polo tanto, a partires da primeira figura da páxina seguinte:  
 $\text{RTT} + \text{RTT} + S/R + \text{RTT} + S/R + \text{RTT} + S/R + \text{RTT} + 8S/R = 5\text{RTT} + 11S/R$
- b) Neste caso o RTT é baixo comparado con  $S/R$ , polo tanto, a partires da segunda figurada páxina seguinte:  
 $\text{RTT} + \text{RTT} + S/R + \text{RTT} + 14S/R = 3\text{RTT} + 15S/R$
- c) A partires da última figura da páxina seguinte:  
 $\text{RTT} + \text{RTT} + S/R + \text{RTT} + S/R + \text{RTT} + 12S/R = 4\text{RTT} + 14S/R$



12. Explica brevemente qué é o control de fluxo y cómo funciona en TCP.

É un mecanismo que permite ao receptor indicar ao emisor o ritmo ao que pode recibir datos.

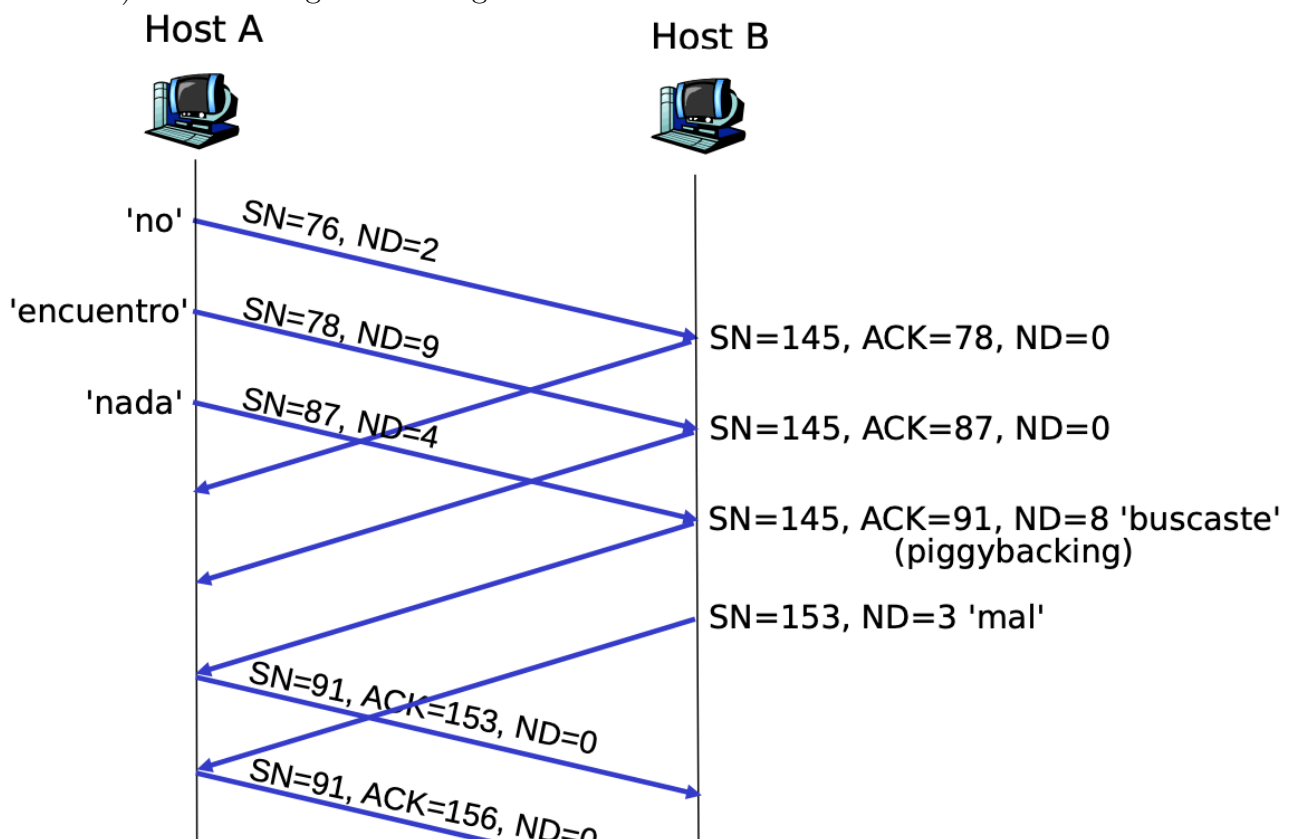
- En TCP existe un campo na cabeceira, xanela otorgada
- No momento da conexión, o receptor indica o tamaño da xanela de recepción
- O emisor fixa a súa xanela de envío a este valor
- O tamaño da xanela pode modificarse en cada transmisión

13. Supoñamos unha aplicación que consiste no envío e recepción de palabras entre dous hosts A e B usando TCP como protocolo de transporte e que a aplicación forza un PUSH con cada palabra. Un host envía un ACK cando recibe un segmento do outro. O host A utiliza o porto 5301 e o host B o 6666. Nun instante determinado o host A ten como número de secuencia o 76, o host B o 145 e a xanela otorgada é de 50 bytes. A continuación o host A envía as palabras 'no' 'encuentro' 'nada' e xusto despois o host B responde coas palabras 'buscaste' 'mal'. Debuxar un diagrama de tempo que mostre tódolos segmentos e ACKs enviados cos números de secuencia, números de ACK, portos orixe e destino e tamaño dos datos nos seguintes casos:

- a) Supoñendo que tódolos segmentos chegan en orde.
- b) Supoñendo que o segundo segmento que envía A chega antes que o primeiro.
- c) Supoñamos que os segmentos enviados chegan en orde, o primeiro ACK perdese e o segundo chega despois de transcurrido o primeiro intervalo de fin de temporización.

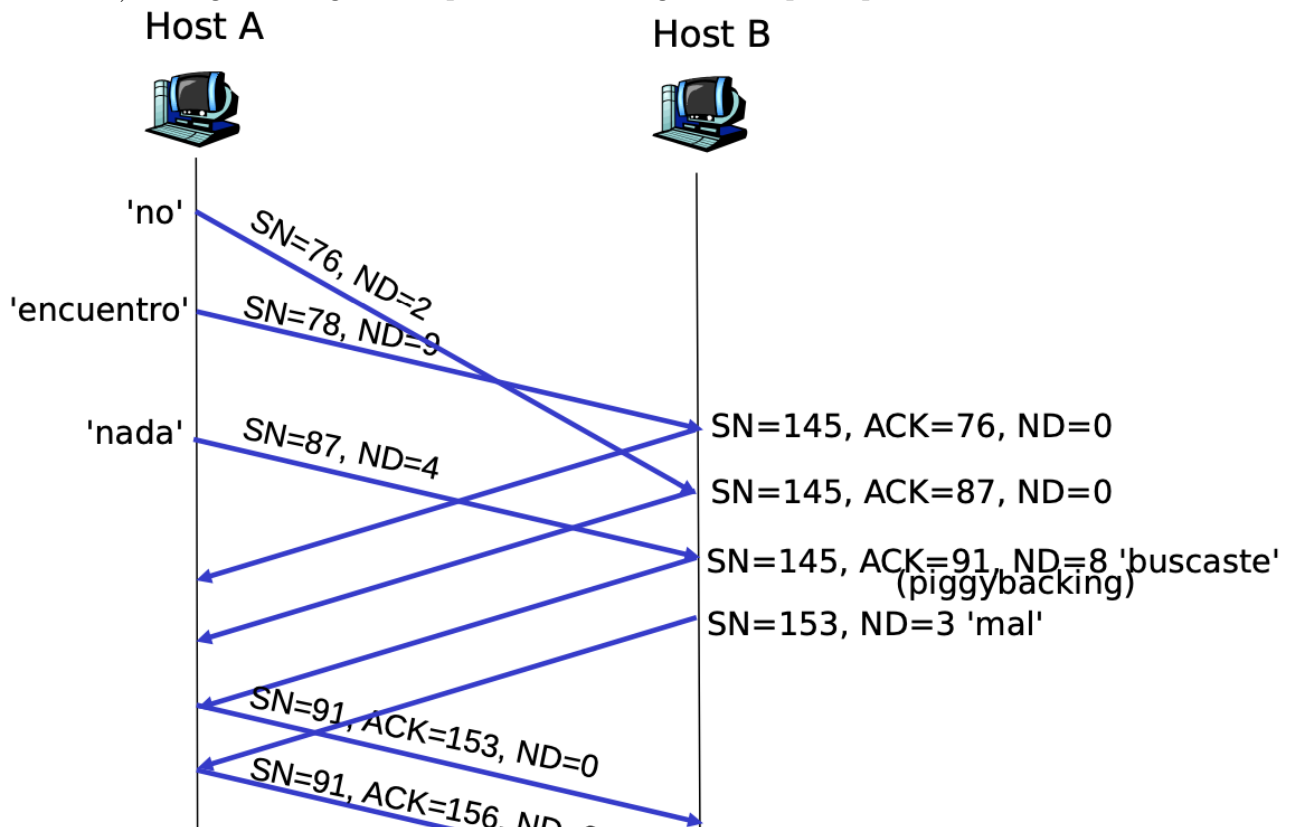
En todos os casos, los segmentos de A a B tienen como puerto origen el 5301 y como puerto destino el 6666. En los segmentos de B a A los puertos origen y destino son 6666 y 5301, respectivamente.

- a) Todos os segmentos chegan en orde.

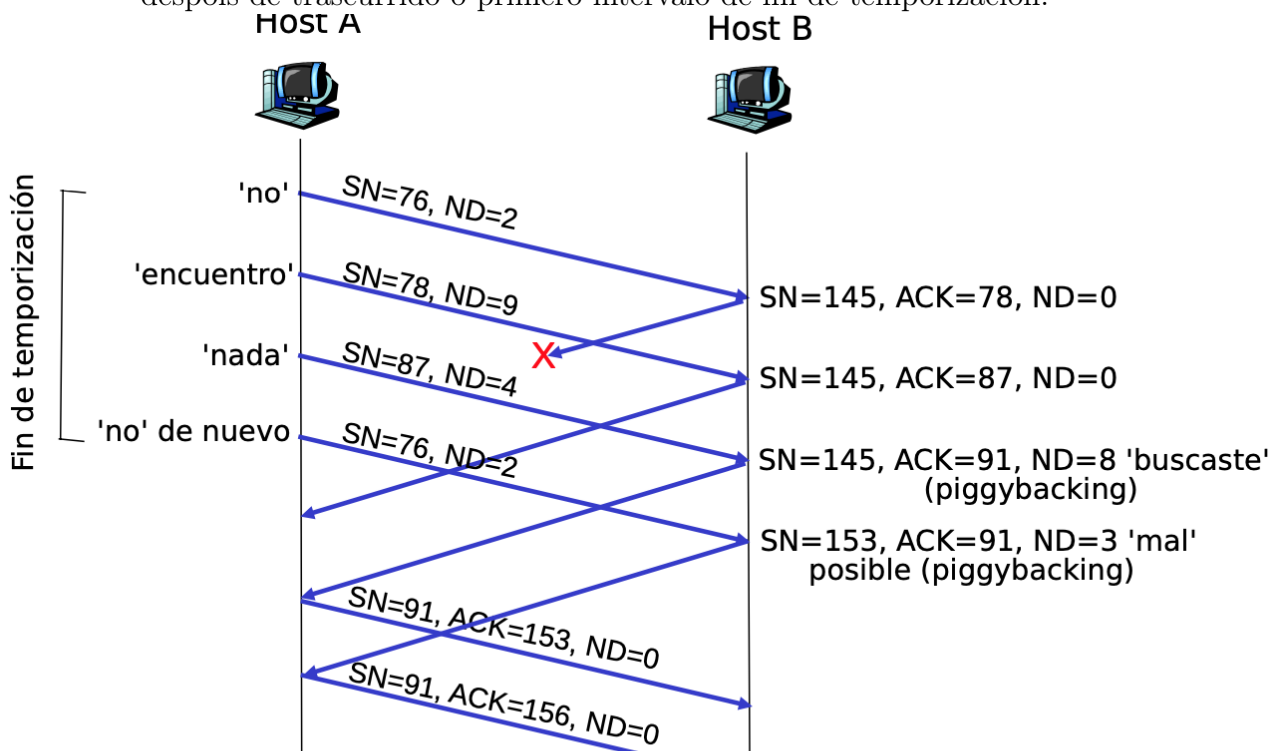




- b) O segundo segmento que envía A chega antes que o primeiro.



- c) Os segmentos enviados chegan en orde, o primeiro ACK perdese e o segundo chega despois de transcurrido o primeiro intervalo de fin de temporización.



14. Supoñamos que chegan  $N$  paquetes simultaneamente a un router con destino a un enlace no que non se está transmitindo ningún paquete. O router tampouco ten ningún paquete na cola. Cada paquete ten unha lonxitude  $L$  e o enlace ten unha velocidade de transmisión  $R$ . Cal é o retardo medio de cola para os  $N$  paquetes?

O retardo de cola para o primeiro paquete transmitido é 0, para o segundo é  $L/R$ , para o terceiro é  $2L/R$ ..., para o  $N$  é  $(N-1)L/R$ . Polo tanto, a media é

$$\frac{\frac{L}{R} + \frac{2L}{R} + \dots + \frac{(N-1)L}{R}}{N} = \frac{L}{NR} \times (1 + 2 + \dots + (N-1)) = \frac{L}{NR} \times \frac{N(N-1)}{2} = \frac{(N-1)L}{2R}$$

onde utilizamos que

$$1 + 2 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

15. Supoñamos un router de Internet con 4 enlaces, numerados do 0 ao 3, e que os paquetes son reenviados ás interfaces dos enlaces como se indica na táboa:

Rango de direccións destino	Interface de enlace
194.32.0.0 – 194.63.255.255	0
194.64.0.0 – 194.64.255.255	1
194.65.0.0 – 195.127.255.255	2
en calquer outro caso	3

- a) Proporciona a táboa de reenvío en formato dirección base/máscara con seis entradas en total (incluída a de por defecto), que use a regra de coincidencia do prefixo máis longo e que reenvíe os paquetes ás interfaces correctas.

- O primeiro rango de direccións 194.32.0.0 – 194.63.255.255  
Base: 194.00100000.00000000.00000000 = 194.32.0.0  
Última: 194.00111111.11111111.11111111 = 194.63.255.255 (broadcast)  
É a rede **194.32.0.0/11**
- O segundo rango de direccións 194.64.0.0 – 194.64.255.255  
Base: 194.64.00000000.00000000 = 194.64.0.0  
Última: 194.64.11111111.11111111 = 194.64.255.255 (broadcast) É a rede **194.64.0.0/16**
- O terceiro rango de direccións 194.65.0.0 – 195.127.255.255 inclúe: desde a 194.65.0.0 en adelante e toda a 195.0.0.0/9.  
Desde a 194.65.0.0 en adelante a podemos dividir en dúas:  
Primero rango: 194.65.0.0 – 194.127.255.255, englobase en **194.64.0.0/10**, xa que, como usa a regra da coincidencia do prefixo máis longo, xa se encamiña correctamente. Se é unha 194.64.x.x xa a envía pola interface 1, que ten /16.  
Base: 194.01000000.00000000.00000000 = 194.64.0.0  
Última: 160.01111111.11111111.11111111 = 194.127.255.255 (broadcast)

Segundo rango: 194.128.0.0 – 194.255.255.255, que é a entrada **194.128.0.0/9**.  
Base: 194.10000000.00000000.00000000 = 194.128.0.0  
Última: 194.11111111.11111111.11111111 = 194.255.255.255 (broadcast)

Para o rango de 195.0.0.0 – 195.127.255.255  
Base: 195.00000000.00000000.00000000 = 195.0.0.0  
Última: 195.01111111.11111111.11111111 = 195.127.255.255 (broadcast)  
É a rede **195.0.0.0/9**

Rede destino (máscara)	Interface de enlace
194.32.0.0/11 (255.224.0.0)	0
194.64.0.0/16 (255.255.0.0)	1
194.64.0.0/10 (255.192.0.0)	2
194.128.0.0/9 (255.128.0.0)	2
195.0.0.0/9 (255.128.0.0)	2
en cualquier otro caso	3

Outra opción para o terceiro rango é agregar todo na rede 194.0.0.0/7, que inclúe tódalas 194.x.x.x e as 195.x.x.x e engadir dúas entradas máis coas IPs non asignadas á interface 3, que son as anteriores á 194.32.0.0 e da 195.128.0.0 en adiante.

- Para a rede **194.0.0.0/7**  
 Base: 11000100.00000000.00000000.00000000 = 194.0.0.0  
 Última: 11000101.11111111.11111111.11111111 = 195.255.255.255 (broadcast)
- Para excluir da 194.0.0.0 ata a 194.31.255.255  
 Base: 194.00000000.00000000.00000000 = 194.0.0.0  
 Última: 194.00011111.11111111.11111111 = 194.31.255.255 (broadcast)  
 É a rede **194.0.0.0/11**
- Da 195.128.0.0 en adiante:  
 Base: 195.10000000.00000000.00000000 = 195.128.0.0  
 Última: 195.11111111.11111111.11111111 = 195.255.255.255 (broadcast)  
 É a rede **195.128.0.0/9**

Rede destino (máscara)	Interface de enlace
194.32.0.0/11 (255.224.0.0)	0
194.64.0.0/16 (255.255.0.0)	1
194.0.0.0/7 (254.0.0.0)	2
194.0.0.0/11 (255.224.0.0)	3
195.128.0.0/9 (255.128.0.0)	3
en cualquier otro caso	3

b) Indica a interface apropiada para os datagramas coas seguintes direccións de destino e describe cómo se determina.

1) 194.145.81.85

Usamos a primeira táboa. O que se fai é buscar a coincidencia do prefixo máis longo, é dicir, realizase un AND lóxico con cada unha das máscaras das entradas ata que se produza a coincidencia de prefixo. Se coinciden varias, elixese o prefixo máis longo. Probando coa 194.32.0.0/11, 194.64.0.0/16 y 194.64.0.0/10 non coincide. Probando con 194.128.0.0/9:

194.10010001.01010001.01010101 = 194.145.81.85

255.10000000.00000000.00000000 = 255.128.0.0

194.10000000.00000000.00000000 = 194.128.0.0

que coincide coa dirección base. Polo tanto, **interface 2**

2) 194.64.95.60

Probando coa 194.32.0.0/11 non coincide. Probando con 194.64.0.0/16

194.64.01011111.00111100 = 194.64.95.60

255.255.00000000.00000000 = 255.255.0.0

194.64.00000000.00000000 = 194.64.0.0

que coincide coa dirección base. Se probamos con 194.64.0.0/10 tamén coincide, pero iría pola **interface 1**, por ser o prefixo máis grande.

3) 194.28.13.225

Usando a primeira táboa, non coincide con ninguna, polo tanto **interface 3**. Se usamos a segunda táboa, vemos que coincide coa entrada 194.0.0.0/11, **interface 3**.

Nota: o rango de direccións da interface 2 vai de 194... a 195...

16. Supoñamos que o ISP A conecta a 4 organizacións, asignando as direccións IP da seguinte maneira:

- 200.23.16.0/23 á organización 0
- 200.23.18.0/23 á organización 1
- 200.23.20.0/22 á organización 2
- 200.23.24.0/21 á organización 3

Ademáis, o ISP B dispón do bloque de direccións IP 199.31.0.0/16. Supoñamos un router C de Internet, cunha interface cara o ISP A e outra ao ISP B, ademáis de outras interfaces cara outros ISPs. Contesta razoando as respostas.

- a) Indica as entradas en formato dirección base/máscara que tenrá o router C para encamiñar paquetes con destinos pertencentes aos ISP A e B. Indica tamén a máscara en formato máscara.
- b) Supoñamos agora que a organización 1 cambia ao ISP B, pero sen cambiar as súas direccións IP asignadas, que entradas tenrá agora o router C?
- c) Indica cómo determina o router C a entrada apropiada para un datagrama con destino a 200.23.19.160 en ámbolos casos.

a) As do ISP A podense agregar en 200.23.16.0/20 e as do ISP B xa están en 199.31.0.0/16.

200.23.16.0/23: 200.23.00010000.0  
 200.23.18.0/23: 200.23.00010010.0  
 200.23.20.0/22: 200.23.00010100.0  
 200.23.24.0/21: 200.23.00011000.0

200.23.16.0/20: 200.23.00010000.0

Rede destino (máscara)	Interface de enlace
200.23.16.0/20 (255.255.240.0)	A
199.31.0.0/16 (255.255.0.0)	B
en calquer outro caso	X

b) Despois do cambio de organización 1 ao ISP B hai que engadir a entrada correspondente no router C

Rede destino (máscara)	Interface de enlace
200.23.16.0/20 (255.255.240.0)	A
199.31.0.0/16 (255.255.0.0)	B
200.23.18.0/23 (255.255.254.0)	B
en calquer outro caso	X

c) No primeiro caso probase coa máscara /20 e coincide coa dirección base:

200. 23. 19.160: 200. 23.00010011.10100000

255.255.240. 0: 255.255.11110000.00000000

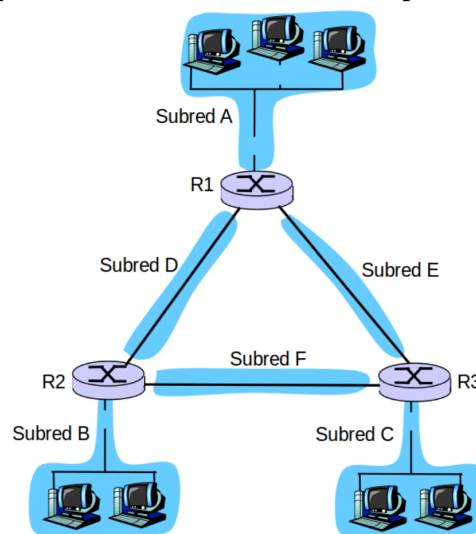
200. 23. 16. 0: 200. 23.00010000.00000000  $\Rightarrow$  interface A

No segundo caso, coa máscara /20 coincide, igual que antes. Ademais, probamos coa /23 e tamén coincide:

```
200. 23. 19.160: 200. 23.00010011.10100000
255.255.254.  0: 255.255.11111110.00000000
200. 23. 18.  0: 200. 23.00010010.00000000
```

⇒ interface B, xa que ten o prefixo máis longo.

17. A partir da rede 193.144.130.0/23, asignar direccións IP a cada unha das seis subredes da figura de arriba, tendo en conta as seguintes consideracións: a subrede A disporá de direccións suficientes como para dar soporte a 250 interfaces, a subrede B a 120 interfaces e a subrede C a 60 interfaces. As subredes D, E y F, ao non ter hosts conectados, é suficiente con dúas interfaces cada una. Para cada unha das subredes, especificar a dirección de rede (en formato a.b.c.d/x) e o rango de direccións. En base á asignación realizada, indicar as entradas que habería que incluír no router R1. Se é posíbel, aplicar agregación de rutas.



A rede 193.144.130.0/23 abarca as direccións 193.144.130.0 → 193.144.131.255

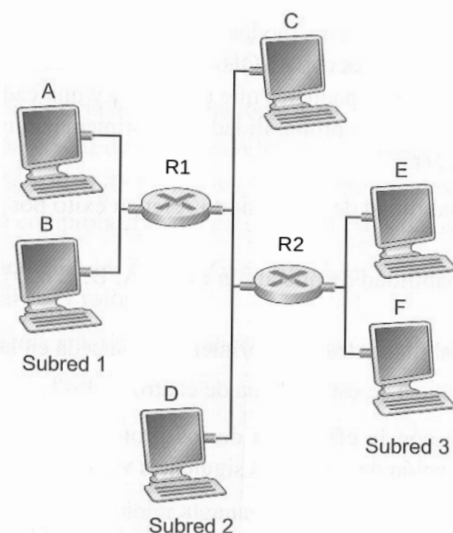
- Subrede A necesita ao menos 250 interfaces ⇒  $2^8$  IPs ⇒ /24  
Rede 193.144.130.0/24 que abarca as IPs 193.144.130.0 → 193.144.130.255
- Subrede B necesita ao menos 120 interfaces ⇒  $2^7$  IPs ⇒ /25  
Rede 193.144.131.0/25 que abarca as IPs 193.144.131.0 → 193.144.131.127
- Subrede C necesita ao menos 60 interfaces ⇒  $2^6$  IPs ⇒ /26  
Rede 193.144.131.128/26 que abarca as IPs 193.144.131.128 → 193.144.131.191
- Para as subredes D, E e F podemos elixir /30 ⇒ 4 IPs (para deixar a base e a de broadcast)
  - Subrede D 193.144.131.192/30 que abarca as IPs 193.144.131.192 → 193.144.131.195
  - Subrede E 193.144.131.196/30 que abarca as IPs 193.144.131.196 → 193.144.131.199
  - Subrede F 193.144.131.200/30 que abarca as IPs 193.144.131.200 → 193.144.131.203

A táboa do router R1, supoñendo enlaces 1, 2 e 3 por orden

Rede destino	Interface de enlace
A 193.144.130.0/24	1
B 193.144.131.0/25	2
C 193.144.131.128/26	3
D 193.144.131.192/30	2
E 193.144.131.196/30	3
F 193.144.131.200/30	2
0.0.0.0	X

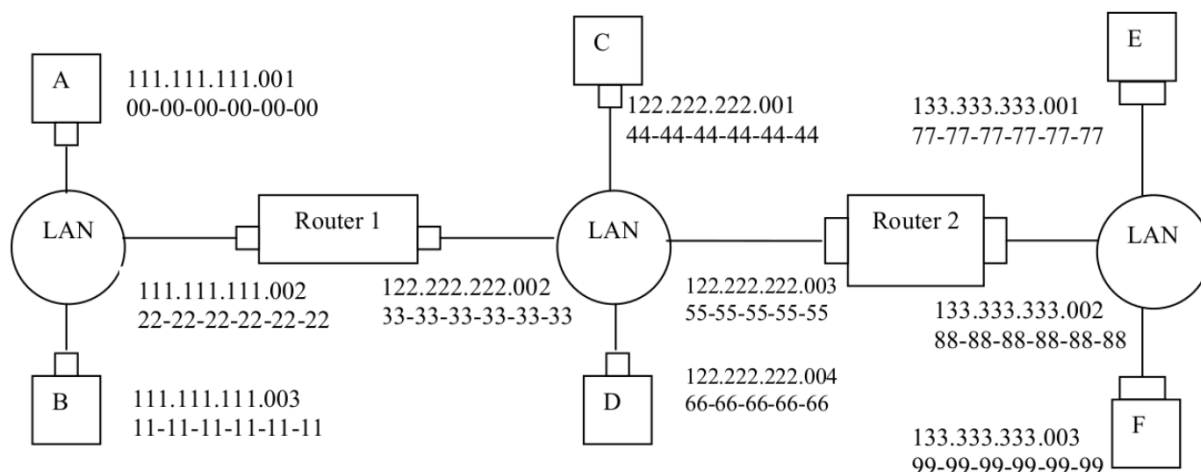
A B e a F poderíanse agregar en 193.144.131.0/24 xa que o R2 decide despois.

18. Dada a rede da figura, proporciona direccións IP e MAC para as interfaces de tódolos hosts e de ámbolos routers R1 e R2. Supoñamos que o host A envía un datagrama ao host F. Indica as direccións MAC orixe e destino da trama que contén o datagrama a medida que se vai transmitindo:



- desde o host A ao router R1,
- desde o router R1 ao router R2,
- desde o router R2 ao host F.

Indica tamén as direccións IP orixe e destino do datagrama contido na trama en cada un dos instantes de tempo.



- desde el host A al router R1,  
Dirección MAC orixe: 00-00-00-00-00-00  
Dirección MAC destino: 22-22-22-22-22-22  
IP orixe: 111.111.111.001  
IP destino: 133.333.333.003
- desde o router R1 ao router R2,  
Dirección MAC orixe: 33-33-33-33-33-33  
Dirección MAC destino: 55-55-55-55-55-55  
IP orixe: 111.111.111.001  
IP destino: 133.333.333.003

- c) desde o router R2 ao host F.  
 Dirección MAC orixe: 88-88-88-88-88-88  
 Dirección MAC destino: 99-99-99-99-99-99  
 IP orixe: 111.111.111.001  
 IP destino: 133.333.333.003

19. Supoñer que un router construiu a táboa de encamiñamento que se mostra a continuación. O router pode entregar paquetes directamente polas interfaces 0 e 1 ou pode reenviar paquetes aos routers R2, R3 ou R4. Asumir que o router busca a correspondencia co prefixo máis longo. Describir qué fai o router cun paquete dirixido a cada un dos destinos seguintes:

	Subrede	SeguinteSalto
a) 128.96.171.92	128.96.164.0/22	Interface 0
b) 128.96.167.151	128.96.170.0/23	Interface 1
c) 128.96.163.151	128.96.168.0/23	R2
d) 128.96.169.192	128.96.166.0/23	R3
e) 128.96.165.121	⟨por defecto⟩	R4

**Táboa de encamiñamento do router**

Aplicase cada unha das máscaras de subrede e, se a subrede correspondente coincide coa dirección base, entón utilízase a entrada de SeguinteSalto.

- a) Aplicando a máscara de subrede 255.255.252.0, obtense 128.96.168.0 e non coincide.

$$128.96.10101011.92 = 128.96.171.92$$

$$255.255.11111100.0 = 255.255.252.0$$

$$128.96.10101000.0 = 128.96.168.0$$

Aplicando a máscara de subrede 255.255.254.0, obtense 128.96.170.0. Utiliza a interface 1 como o seguinte salto.

$$128.96.10101011.92 = 128.96.171.92$$

$$255.255.11111110.0 = 255.255.254.0$$

$$128.96.10101010.0 = 128.96.170.0$$

- b) Aplicando a máscara de subrede 255.255.252.0, obtense 128.96.164.0 (o seguinte salto é poa interface 0).

$$128.96.10100111.151 = 128.96.167.151$$

$$255.255.11111100.0 = 255.255.252.0$$

$$128.96.10100100.0 = 128.96.164.0$$

Aplicando a máscara de subrede 255.255.254.0, obtense 128.96.166.0 (o seguinte salto é o router 3).

$$128.96.10100111.151 = 128.96.167.151$$

$$255.255.11111110.0 = 255.255.254.0$$

$$128.96.10100110.0 = 128.96.166.0$$

Como 255.255.254.0 é un prefixo máis longo, utiliza o router 3 como o seguinte salto.

- c) Non coincide con ningunha das entradas de número de subrede, polo tanto, utiliza o router por defecto, o router 4.

$$128.96.10100011.151 = 128.96.163.151$$

$$255.255.11111100.0 = 255.255.252.0$$

$$128.96.10100000.0 = 128.96.160.0$$

Para a outra máscara resulta 128.96.162.0 e tampouco coincide.

- d) Aplicando a máscara de subrede 255.255.252.0, obtense 128.96.168.0 e non coincide.

128. 96.10101001.192 = 128.96.169.192

255.255.11111100. 0 = 255.255.252.0

128. 96.10101000. 0 = 128.96.168.0

Aplicando a máscara de subrede 255.255.254.0, obtense 128.96.168.0. Utiliza o router 2 como o seguinte salto.

128. 96.10101001.192 = 128.96.169.192

255.255.11111110. 0 = 255.255.254.0

128. 96.10101000. 0 = 128.96.168.0

- e) Aplicando a máscara de subrede 255.255.252.0, obtense 128.96.164.0. Utiliza a interface 0 como o seguinte salto.

128. 96.10100101.121 = 128.96.165.121

255.255.11111100. 0 = 255.255.252.0

128. 96.10100100. 0 = 128.96.164.0

20. Determina se as seguintes direccións IPv6 son correctas ou non. Razona as respostas.

- a) ::0f53:6382:ab00:67db:bb27:7332

Correcta é 0:0:0f53:6382:ab00:67db:bb27:7332

- b) 7803:42f2::88ec:d4ba:b75d:11cd

Incorrecta, sobran uns ':'. Sería 7803:42f2::88ec:d4ba:b75d:11cd

- c) ::4ba8:95cc::db97:4eab

Incorrecta, non se sabe onde van as 4 cadeas de ceros que se omiten.

Podería ser ::4ba8:95cc:0:0:db97:4eab, ::4ba8:95cc:0:db97:4eab,

::4ba8:95cc:0:0:0:db97:4eab, 0:4ba8:95cc::db97:4eab, etc.

- d) 74dc::02ba

Correcta, sería 74dc:0:0:0:0:0:0:02ba

- e) ::ffff:128.112.92.116

Correcta. É unha IPv4 escrita como unha IPv6.

- f) ::1

Correcta. É a de *loopback*.

21. Supoñer que a MTU dos enlaces entre o host A e o host B está limitado a 1.500 bytes. Utilízase un protocolo de aplicación para transferencia de arquivos cunha cabeceira de 64 bytes. Indicar cantos datagramas IPv4 do host A ao host B necesitaríanse para enviar un arquivo de 4.096 bytes nos seguintes casos:

- a) A aplicación utiliza TCP cun MSS de 1.400 bytes e é necesario establecer a conexión. Non considera-la fase de desconexión.

- b) A aplicación utiliza UDP.

Especificar para cada caso o tamaño, o valor do campo identificación supoñendo que comenza en 356, o valor dos indicadores MF (Máis Fragmentos) e NF (Non Fragmentar) e o valor do campo desplazamento de fragmento de cada un dos datagramas. Asumir o tamaño das cabeceiras sen opcións: TCP de 20 bytes, UDP de 8 bytes, IPv4 de 20 bytes e IPv6 de 40 bytes. Que ocorrería en ámbolos casos con IPv6?

Á mensaxe de capa de aplicación (o arquivo) hai que engadirle a cabeceira de 64 bytes  $\Rightarrow$  á capa de transporte pasanselle 4.160 bytes.



- a) TCP. Hai que establecer a conexión e para elo hai que enviar un segmento con SYN, recibir outro con SYN e ACK e enviar outro con ACK. Este último ACK podería ir no primeiro dos datos, pero aquí vamos a supoñer que non. Es dicir, para a conexión 2 segmentos de 20 bytes, xa que non hai campo datos.

O MSS é o tamaño máximo dos datos dun segmento. A mensaxe a enviar:

$$\left\lceil \frac{4160}{1400} \right\rceil = 3 \text{ segmentos}$$

En total:

- 2 (ou un se superpoñemos o ACK do establecemento da conexión) de 20 bytes
- 2 de 1400 + 20 (cabecera TCP) = 1420 bytes
- 1 de 1360 (4160 - 2 · 1400) + 20 (cabeceira TCP) = 1380 bytes

Os 5 datagramas, sumando os 20 bytes da cabeceira IP:

- 1º de 40 bytes, NF = 0, MF = 0, identificación 356 e desprazamento 0
- 2º de 40 bytes, NF = 0, MF = 0, identificación 357 e desprazamento 0
- 3º de 1440 bytes, NF = X, MF = 0, identificación 358 e desprazamento 0
- 4º de 1440 bytes, NF = X, MF = 0, identificación 359 e desprazamento 0
- 5º de 1400 bytes, NF = X, MF = 0, identificación 360 e desprazamento 0

Datagrama	tamaño	datos	NF	MF	identificación	desprazamento
1	40	20	0	0	356	0
2	40	20	0	0	357	0
3	1440	1420	X	0	358	0
4	1440	1420	X	0	359	0
5	1400	1380	X	0	360	0

- b) UDP. Xerase un único segmento de 4168 bytes  $\Rightarrow$  un datagrama de 4188  $\Rightarrow$  debe ser fragmentado: (nótese que os datos fragmentados deben de ser múltiplos de 8 bytes, octablocks, excepto o último, xa que o desprazamento indicase en octablocks, os MTU xa están pensados para que pase isto)

$$\Rightarrow \left\lceil \frac{4168}{1480} \right\rceil = 3 \text{ datagramas}$$

- 1º de 1500 (1480 + 20) bytes, NF = 0, MF = 1, id 356 e desp 0
- 2º de 1500 (1480 + 20) bytes, NF = 0, MF = 1, id 356 e desp 185
- 3º de 1228 (4168 - 2 · 1480) + 20 bytes, NF = 0, MF = 0, id 356 e desp 370

Datagrama	tamaño	datos	NF	MF	identificación	desprazamento
1	1500	1480	0	1	356	0
2	1500	1480	0	1	356	185
3	1228	1208	0	0	356	370

Con IPv6 en TCP, a cabeceira IPv6 é de 40 bytes  $\Rightarrow$  os datagramas serían de 1460 como máximo. Sería similar a IPv4: 2 datagramas de 60 bytes, 2 datagramas de 1460 bytes e un de 1420 bytes.

Con IPv6 en UDP, como non hai fragmentación  $\Rightarrow$  mensaxe ICMP.

22. Desexase diseñar un sistema de comunicacións baseado en CSMA/CD que interconecte equipos ao longo dunha distancia de 500 metros. Supoñendo que a velocidade de transmisión é de 5 Mbps, o retardo de propagación é de  $0,02 \mu\text{s}/\text{m}$  e que o tempo máximo de transmisión dunha estación debe ser inferior a 1 ms, determinar o tamaño máximo e mínimo das tramas en bits.

Mínimo: condición de que  $t_{\text{trama}} \geq 2 \cdot t_{\text{prop}}$

$$t_{\text{prop}} = 0,02 \cdot 10^{-6} \cdot 500 = 10 \mu\text{s}$$

$$t_{\text{trama}} = 20 \mu\text{s} = \frac{L_{\text{mín}}}{R} \implies L_{\text{mín}} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^6 = 100 \text{ bits}$$

Máximo: condición de  $t_{\text{trans}} \text{ o } t_{\text{trama}} \leq 1 \text{ ms}$

$$L_{\text{máx}} = 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^6 = 5000 \text{ bits}$$

23. Supoñer un conmutador Ethernet con autoaprendizaxe que ten seis nodos, A, B, C, D, E y F, conectados en estrela. Supoñamos que ocorren os seguintes sucesos en orde:

- a) B envía unha trama a E
- b) E responde enviando unha trama a B
- c) A envía unha trama a B
- d) B responde enviando unha trama a A

Inicialmente a táboa do conmutador está baleira. Mostrar o estado da táboa do conmutador antes e despois de cada un destes sucesos. Para cada suceso, identificar o enlace ou os enlaces a través dos cales reenviarase a trama transmitida e xustificar brevemente as respostas.

- a) B envía unha trama a E

Como inicialmente a táboa está baleira, reenvía a trama polas interfaces de A, C, D, E e F, xa que non sabe onde está E. O conmutador aprende a interface onde está B e introduce na táboa a MAC de B asociándoa con esa interface.

- b) E responde enviando unha trama a B

Na súa táboa xa ten a entrada que asocia a MAC de B coa súa interface, polo tanto, a reenvía so a B. O conmutador aprende a interface onde está E e introduce na táboa a MAC de E asociándoa con esa interface.

- c) A envía unha trama a B

Na súa táboa xa ten a entrada que asocia a MAC de B coa súa interface, por tanto, a reenvía so a B. O conmutador aprende a interface onde está A e introduce na táboa a MAC de A asociándoa con esa interface.

- d) B responde enviando unha trama a A

Na súa táboa xa ten a entrada que asocia a MAC de A coa súa interface, por tanto, a reenvía so a A. A táboa queda como estaba.

Ao final, a táboa queda coas entradas correspondentes a A, B, E

24. Supoñer que hai catro nodos conectados a un concentrador mediante enlaces Ethernet a 10 Mbps. As distancias entre o concentrador e estes catro nodos son 300, 400, 500 e 700 metros, respectivamente. A velocidade de propagación da sinal é de  $2 \times 10^8$  m/s. Cal é o tamaño mínimo de trama requerido? Cal é o tamaño máximo de trama requerido?

Mínimo: condición de que  $t_{\text{trama}} \geq 2 \cdot t_{\text{prop}}$  no peor caso (máxima distancia)

$$t_{\text{prop}} = \frac{500 + 700}{2 \cdot 10^8} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

$$t_{\text{trama}} = \frac{\text{tamaño}}{R} \implies \text{tamaño} = 2 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^6 = 120 \text{ bits}$$

Máximo: non hai límite

25. Supoñamos que se quere incrementar a velocidade de enlace no cable Ethernet. Como afectará esta actualización ao tamaño mínimo das tramas? Se se actualiza a unha velocidade maior e non é posible modificar o tamaño da trama, que outra cousa podese facer para que a rede poida seguir operando correctamente?

O tempo de trama debe ser maior que o dobre do tempo de propagación máximo. Polo tanto, unha maior velocidade implica que **a trama ten que ser máis grande**, xa que se transmiten máis bits por segundo. Se non se pode incrementar o tamaño da trama, haberá que facer **o segmento máis curto**, introducindo conmutadores para segmentar a LAN.