

Facultat Informàtica de Barcelona (FIB)

Grau en Enginyeria informàtica

Col·lecció de problemes de Xarxes de Computadors grau-XC

Llorenç Cerdà, Jaime Delgado, Jordi Domingo, Leandro Navarro, David Carrera,
Davide Careglio, Jordi Iñigo, Josep Maria Barceló.

Febrer de 2020

Índex

TEMA	Protocol IP	2
TEMA	Xarxes d'Àrea Local	21
TEMA	Protocol TCP	33
TEMA	Aplicacions de Xarxa	41

TEMA Protocol IP

Problema 1. (2014p-c1)

Es disposa del bloc d'adreces privades 192.168.8.0/22. L'administrador de xarxa comença definint la sub-xarxa X1 amb el prefix de xarxa 192.168.8.0/26

a) Quantes interfícies IP pot configurar? Quin és el rang d'adreces que pot utilitzar per assignar adreces IP ?

Un cop definida X1 es tracta de repartir la resta del bloc d'adreces en el mínim nombre de sub-xarxes; és a dir fent les sub-xarxes el més grans possible.

b) Omple la taula següent amb les sub-xarxes que es poden definir.

Sub-Xarxa	Sub-xarxa IP	Màscara /n	Nombre d'equips configurables	Adreça del router de la sub-xarxa
X1	192.168.8.0	/26		192.168.8.1
X2				
X3				

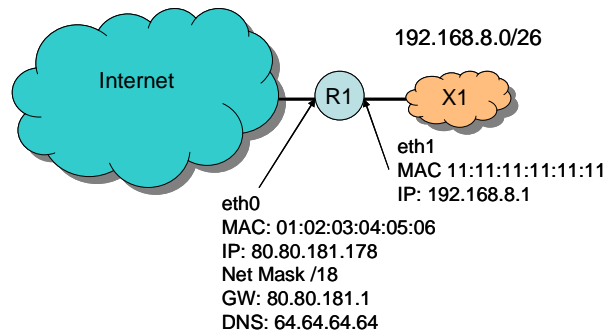
La sub-xarxa X1 es connecta a Internet a través del router R1, tal com mostra la figura.

c) A partir de la configuració de la interfície eth0 mostrada

en la figura, quin és el prefix de xarxa corresponent ?

És a dir, quina és la xarxa (notació decimal amb punts / bits de la màscara) a la que pertany l'adreça 80.80.181.178 ?

Quina és l'adreça de "broadcast" d'aquesta xarxa ?



d) Completa la taula d'encaminament de R1:

Destinació	Màscara /bits	Router (IP gw)	interfície
192.168.8.0 (X1)	26		eth1

El router R1 està configurat per fer NAT ja que la sub-xarxa X1 té adreçament privat. A més, R1 és el servidor DHCP que permet configurar automàticament tots els terminals de la sub-xarxa X1.

El terminal A de la sub-xarxa X1 executa la comanda "ping www.upc.edu".

L'adreça IP del terminal A és 192.168.8.8, la seva adreça MAC és aa:aa:aa:aa:aa:aa, i la taula ARP del terminal A està buida.

Cal tenir en compte que R1 ha de fer les funcions de NAT.

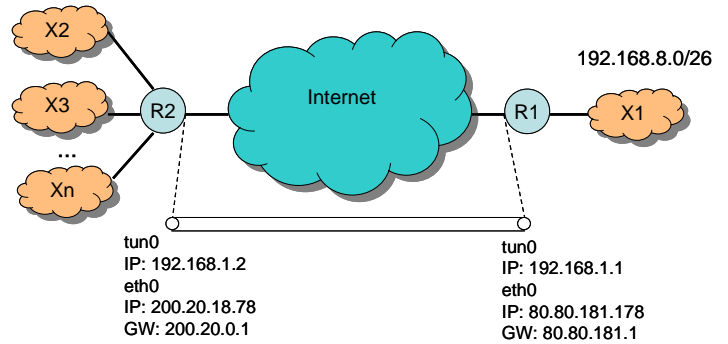
El servei de DNS ens donarà que l'adreça IP del servidor web de la UPC és 147.83.2.135.

e) Completa la taula següent amb la seqüència de trames i paquets que es transmetran a través de R1 fins a rebre la resposta del primer "echo".

Per tal de simplificar la feina pots utilitzar la notació següent per l'adreça IP i l'adreça MAC: Terminal A: A, a. Router R interfície eth0: R0, r0. Router R interfície eth1: R1, r1. Servidor DNS (64.64.64.64): D, d. Router ISP (GW): G, g. Servidor web UPC: U, u.

Capçalera Ethernet		Missatge ARP		Capçalera IP		Paquet IP
MAC origen	MAC destinació	Tipus Req/Resp	IP dst sol·licitada	IP origen	IP destinació	Contingut

La sub-xarxa X1 es connecta amb la resta de sub-xarxes X2 ... Xn a través d'Internet tal com es mostra en la figura següent. Per fer-ho cal definir un túnel entre els routers R1 i R2.



f) Completa les taules d'encaminament dels routers R1 i R2.

Router R1

Destinació	Màsc. /bits	Router (IP gw)	Interf.
192.168.8.0 (X1)	26		eth1

Router R2

Destinació	Màsc. /bits	Router (IP gw)	Interf.

El terminal A (192.168.8.8) executa la comanda "ping 192.168.9.33".

g) Indica el datagrama IP que es transmetrà per Internet tenint en compte el NAT i el túnel.

Cal incloure les capçaleres IP (adreça IP origen, adreça IP destinació) del datagrama que es transmet per Internet entre els routers R1 i R2.

Capçalera IP externa		Capçalera IP interna		
IP origen	IP destinació	IP origen	IP destinació	protocol

Solució:

- a) sub-xarxa 192.168.8.0/22: 1022 (1021) interfícies; rang per assignar 192.168.8.1 – 192.168.11.254
sub-xarxa 192.168.8.0/26: 62 (61) interfícies; rang per assignar 192.168.8.1 – 192.168.8.62

b)

Sub-Xarxa	Sub-xarxa IP	Màscara /n	Nombre d'equips configurables	Adreça del router de la sub-xarxa
X1	192.168.8.0	/26	62	192.168.8.1
X2	192.168.8.64	/26	62	192.168.8.65
X3	192.168.8.128	/25	126	192.168.8.129
X4	192.168.9.0	/24	254	192.168.9.1
X5	192.168.10.0	/23	510	192.168.10.1

c)

Xarxa: 80.80.128.0/18

Adreça de broadcast: 80.80.191.255

d)

Destinació	Màscara /bits	Router (IP gw)	interfície
192.168.8.0 (X1)	26		eth1
80.80.128.0	18		eth0
0.0.0.0	0	80.80.181.1	eth0

e)

Capçalera Ethernet		Missatge ARP		Capçalera IP		Paquet IP
MAC origen	MAC destinació	Tipus Req/Resp	IP dst sol·licitada	IP origen	IP destinació	Contingut
a	Bcast	Req	R1			
r1	a	Resp				
a	r1			A	D	DNS req "www.upc.edu"
r0	g			R0	D	DNS req "www.upc.edu"
g	r0			D	R0	DNS resp U
r1	a			D	A	DNS resp U
a	r1			A	U	ICMP echo req
r0	g			R0	U	ICMP echo req
g	r0			U	R0	ICMP echo resp
r1	a			U	A	ICMP echo resp

f)

Router R1

Router R2

Destinació	Màsc. /bits	Router (IP gw)	Interf.	Destinació	Màsc. /bits	Router (IP gw)	Interf.
192.168.8.0 (X1)	26		eth1	192.168.8.64 (X2)	26		eth1
192.168.1.0	30*		tun0	192.168.8.128 (X3)	25		eth2
192.168.8.64 (X2)	26	192.168.1.2	tun0	192.168.9.0 (X4)	24		eth3
192.168.8.128 (X3)	25	192.168.1.2	tun0	192.168.10.0 (X5)	23		eth4
192.168.9.0 (X4)	24	192.168.1.2	tun0	192.168.1.0	30*		tun0
192.168.10.0 (X5)	23	192.168.1.2	tun0	192.168.8.0 (X1)	26	192.168.1.1	tun0
80.80.128.0	18		eth0	200.20.0.0	16**		eth0
0.0.0.0	0	80.80.181.1	eth0	0.0.0.0	0	200.20.0.1	eth0

* pot ser /24 o bé una altre valor; per un enllaç punt a punt el valor típic és /30

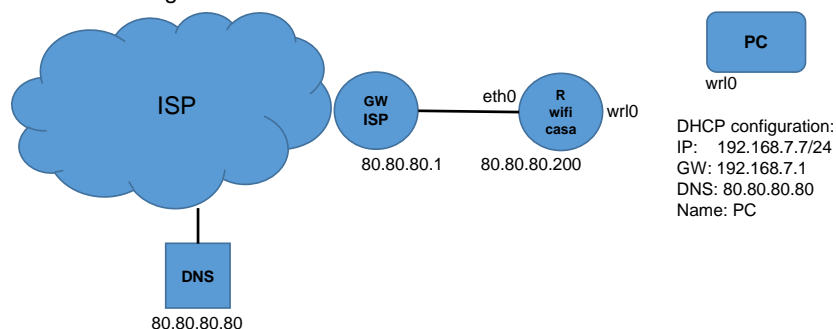
** No ens donen el valor de la màscara; l'únic que sabem és que el gw (200.20.0.1) i el router (200.20.18.78) han d'estar a la mateixa sub-xarxa; el valor de la màscara pot ser 16, 17, 18 o 19.

g)

Capçalera IP externa		Capçalera IP interna		
IP origen	IP destinació	IP origen	IP destinació	protocol
80.80.181.178	200.20.18.78	192.168.8.8	192.168.9.33	ICMP

Problema 2. (2015p)

La figura mostra una xarxa domèstica amb un router ADSL/cable (**Router wifi casa**). La xarxa domèstica és WLAN amb adreçament privat. El PC és un dispositiu inalàmbrik, la seva interfície és **wr10** i la seva configuració es fa via DHCP. La configuració es mostra a la figura. El **router wifi casa** té dues interfícies: la interna wifi (**wr10**) i l'externa amb l'ISP (**eth0**). Les adreces IP assignades es mostren a la figura.



a) Completa la taula d'encaminament del *router wifi casa*.

Destination network	Mask	Gateway	Interface

b) El PC s'autoconfigura utilitzant DHCP. Indica una possible seqüència de **paquets** intercanviats entre el PC i el servidor DHCP ubicat al propi *router wifi casa*.

Source	Destination	Protocol	Transport protocol	DHCP Message

c) Completa la taula d'encaminament del PC un cop ja està configurat.

Destination network	Mask	Gateway	Interface

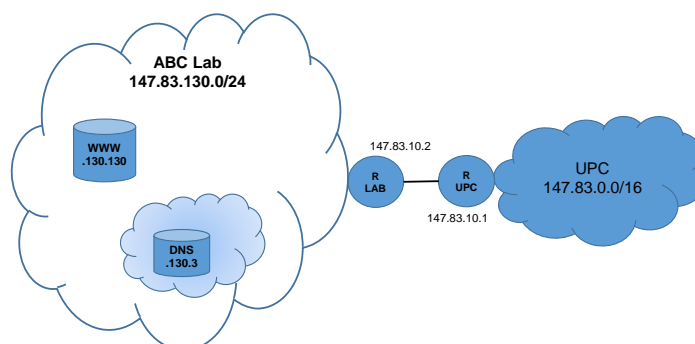
d) Un cop acabat de configurar el PC les taules ARP i DNS del PC estan buides. Des del PC s'accedeix al servidor "www.abclab.upc.edu". Completa la **seqüència de trames** que es poden veure a les interfícies del router **wr10** i **eth0** fins que **retorna el primer segment TCP del servidor UPC**.

Suposa que el router fa temps que està funcionant. Cal tenir en compte que el router fa PNAT.

Per simplificar, utilitza la notació següent: PC (192.168.7.7), wpc (adreça MAC PC), RI (192.168.7.1), wri (adreça MAC interfície interna), R (80.80.80.200), r (adreça MAC interfície externa), GW (80.80.80.1), gw (adreça MAC del router de l'ISP), UPC (adreça IP de servidor web), DNS (80.80.80.80), 53 pel port del servidor DNS, 80 pel port HTTP, i P1, P2, P3, P4 pels ports dinàmics del NAT.

Router Interface	Ethernet			IP					Message Information
	Source	Destination	ARP Message	Source	Port	Destination	Port	Protocol	

La figura següent mostra la xarxa del laboratori ABC de la UPC (147.83.130.0/24) que es connecta amb la xarxa de la UPC a través del router RLAB. La interfície externa de RLAB té l'adreça 147.83.10.2.



e) L'adreça IP configurada al servidor web del laboratori és 147.83.130.130/27. A quina subxarxa pertany (adreça de la subxarxa, adreça de la interfície del router RLAB, adreça de broadcast de la subxarxa)? Quantes subxarxes /27 es poden configurar dins la subxarxa del laboratori?

Es desitja “traslladar” la subxarxa de casa al laboratori com la subxarxa 147.83.130.192/26. Per fer-ho es configura un túnel entre els routers RLAB i WifiCasa. El túnel utilitza les adreces de la subxarxa 10.0.0.0/30.

f) Completa la taula d'encaminament de RLAB.

Destination network	Mask	Gateway	Interface
147.83.10.0	/23		eth0
147.83.130.0	/25		eth1
147.83.130.128	/26		eth2
147.83.130.192	/26		eth3
0.0.0.0	/0		eth4

g) Suposa que les taules ARP i les del servei DNS ja tenen la informació necessària. Des del PC s'accedeix al servidor “www.abclab.upc.edu”. Completa la **seqüència de trames** que es poden veure a les interfícies del router **wrl0** i **eth0** fins que **retorna el primer segment TCP del servidor UPC**.

Utilitza la mateixa notació que a l'apartat d) i RLAB (147.83.10.2).

Router Interface	Ethernet header		IP External header		IP header					Message payload
	Source	Destination	Source	Destination	Source	Port	Destination	Port	Protocol	

h) Per motius de seguretat es configura que la xarxa de casa només tingui accés a Internet passant per la UPC (ABC LAB) via el túnel. Suposa que la taula d'encaminament està configurada correctament. Proposa les regles posaries al tallafocs (“Firewall”) de la interfície eth0 del router *wifi casa*.

Source IP	Source port	Destination IP	Destination port	Protocol	Action

Solució:

a)

Destination network	Mask	Gateway	Interface
192.168.7.0	/24		wrl0
80.80.80.0	/24 (/x on 8 <= x <= 24)		eth0
0.0.0.0	/0	80.80.80.1	eth0

b)

Source	Destination	Protocol	Transport protocol	DHCP Message
0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	UDP	Discover
192.168.7.1	255.255.255.255	DHCP	UDP	Offer
0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	UDP	Request
192.168.7.1	192.168.7.7	DHCP	UDP	Ack

c)

Destination network	Mask	Gateway	Interface
192.168.7.0	/24		wrl0
0.0.0.0	/0	192.168.7.1	wrl0

d)

Router Interface	Ethernet			IP					Message Information
	Source	Destination	ARP Message	Source	Port	Destination	Port	Protocol	
wrl0	wpc	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP REQ RI						
wrl0	wri	wpc	ARP RES wri						
wrl0	wpc	wri		PC	P1	DNS	53	UDP	DNS REQ
eth0	r	gw		R	P2	DNS	53	UDP	DNS REQ
eth0	gw	r		DNS	53	R	P2	UDP	DNS RESP
wrl0	wri	wpc		DNS	53	PC	P1	UDP	DNS RESP
wrl0	wpc	wri		PC	P3	UPC	80	TCP	SYN
eth0	r	gw		R	P4	UPC	80	TCP	SYN
eth0	gw	r		UPC	80	R	P4	TCP	ACK/SYN
wrl0	wri	wpc		UPC	80	PC	P3	TCP	ACK/SYN

e)

147.83.130.130/27 pertany a la subxarxa: 147.83.130.128/27; gw: 147.83.130.129; bcast: 147.83.130.159

Es poden configurar 8 subxarxes. ($27-24=3$; $2^3=8$)

147.83.130.0/27; 130.32/27; 130.64/27; 130.96/27; 130.128/27; 130.160/27; 130.192/27; 130.224/27

f)

Destination network	Mask	Gateway	Interface
147.83.10.0	/23		eth0
147.83.130.0	/25		eth1
147.83.130.128	/26		eth2
147.83.130.192	/26		eth3
10.0.0.0	/30		tun0
147.83.130.192	/26	10.0.0.2	tun0
0.0.0.0	/0	147.83.10.1	eth4

g)

Router Interface	Ethernet header		IP External header		IP header					Message payload
	Source	Destination	Source	Destination	Source	Port	Destination	Port	Protocol	
wrl0	wpc	wri			PC	P1	UPC	80	TCP	SYN
eth0	r	gw	R	RLAB	R	P2	UPC	80	TCP	SYN
eth0	gw	r	RLAB	R	UPC	80	R	P2	TCP	ACK/SYN
wrl0	wri	wpc			UPC	80	PC	P1	TCP	ACK/SYN

R (80.80.80.200); RLAB (147.83.10.2); El túnel acaba a la interfície externa de R(wifi casa) i fa PNAT.

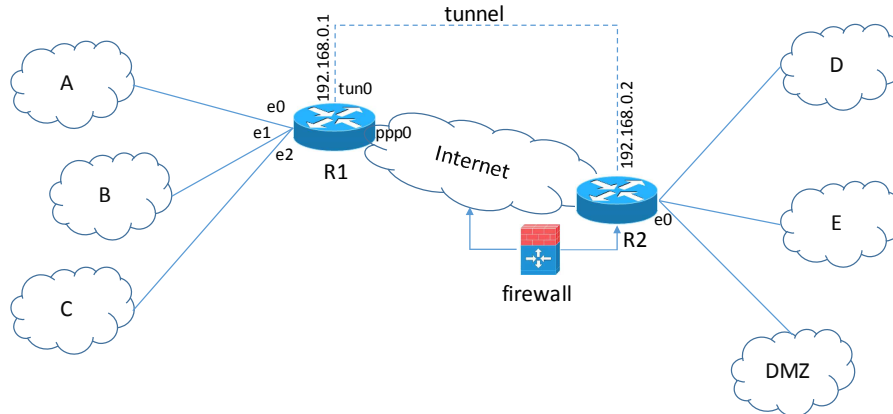
h)

Source IP	Source port	Destination IP	Destination port	Protocol	Action
RLAB		147.83.130.192/26		ANY	ACCEPT
147.83.130.192/26		RLAB		ANY	ACCEPT
ANY	ANY	ANY	ANY	ANY	DENY

RLAB (147.83.10.2/32). La ruta per defecte és el túnel; tot passa pel túnel.

Problema 3. (2016p)

Una empresa organitzada en 5 departaments (A,B,C,D i E) de mida igual, decideix configurar la seva infraestructura fent servir una combinació d'adreces IP privades i públiques. Les privades són usades per a les estacions de treball dels empleats, i les públiques per a la DMZ. El rang base de xarxes privades és el 10.0.0.0/8. El de públiques tenen com a base el rang 212.13.14.16/28. Els departaments A B i C estan en una seu de l'empresa, mentre que els departaments D i E, i la DMZ, estan en una seu diferent. La connexió entre les seus es fa mitjançant un túnel sobre la xarxa pública d'Internet. Dos routers gestionen el tràfic d'entrada i sortida de l'empresa. Per al túnel es fan servir les adreces del rang 192.168.0.0/24. El següent diagrama mostra la configuració descrita. Tot el tràfic d'entrada i sortida de l'empresa cap a Internet (fora del que circula encapsulat pel túnel) passa R2, on està implementat el firewall corporatiu.



a) Proposa un esquema d'adreçament que satisfaci els requeriments anteriors. Les xarxes de tots els departaments seran de la mateixa mida, i hauran de donar cabuda a 100 màquines cadascuna. Assigneu les xarxes dels departaments seguin l'ordre alfabètic (A la primera xarxa, E l'última), i feu que els rangs de les xarxes estiguin tan ajustats com sigui possible a la mida actual dels departaments.

Xarxa	Adreça / màscara	Broadcast
A		
B		
C		
D		
E		
Túnel	192.168.0.0/24	
DMZ	212.13.14.16 / 28	

b) Mostreu el contingut de la taula de Routing de R1. Cal que tots els equips de la xarxa tinguin connectivitat a internet a través del firewall. Utilitzeu rutes per defecte sempre que sigui possible. Els routers del ISP que donen connectivitat a Internet són 'R1_ISP' i 'R2_ISP' per a R1 i R2 corresponentment.

Adreça	Màscara	Gateway	Interface

c) En cas que un intrús guanyés accés a una màquina de la DMZ, es vol evitar que aquesta màquina pogués ser usada per a iniciar un atac cap a altres màquines (de l'empresa o externes). Per això es vol aplicar una sèrie de polítiques de firewall per a limitar els possibles danys d'un eventual atac. Indica, per al tràfic **entrant** de l'interface **e0** de **R2** (o sigui generat a la DMZ), quins paquets deixaries passar per tal que els equips de l'empresa es poguessin connectar al servidor web corporatiu (IP 212.13.14.17, port 80), i al de SMTP (IP 212.13.14.18, port 25), i per a que en cap cas es poguessin iniciar connexions cap a cap màquina des de la DMZ. Les dues màquines de la DMZ han de ser lliurement accessibles des d'Internet també. Recorda que aquest ACL és només el de l'interface e0 de R2, en sentit entrant cap al router. Assumeix que la resta de regles que siguin necessàries ja han estat establertes en els altres interfícies i sentits de la comunicació. Recorda incloure una regla final (accepta tot o denega tot).

Adreça origen	Adreça destí	Port origen	Port destí	Acceptar/Denegar

d) Repeteix l'apartat anterior, però ara pensant en el **tràfic sortint** de l'interface **e0** de **R2** (o sigui dirigit a la DMZ).

Adreça origen	Adreça destí	Port origen	Port destí	Acceptar/Denegar

Solució:

a)

Xarxa	Adreça / màscara	Broadcast
A	10.0.0.0/25	10.0.0.127
B	10.0.0.128/25	10.0.0.255
C	10.0.1.0/25	10.0.1.127
D	10.0.1.128/25	10.0.1.255
E	10.0.2.0/25	10.0.2.127
Túnel	192.168.0.0/24	192.168.0.255
DMZ	212.13.14.16 / 28	212.13.14.31

b)

Adreça	Màscara	Gateway	Interface
R2	255.255.255.255	R1_ISP	ppp0
10.0.0.0/25	255.255.255.128	-	e0
10.0.0.128/25	255.255.255.128	-	e1
10.0.1.0/25	255.255.255.128	-	e2
192.168.0.0	255.255.255.0	-	tun0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.2	tun0

c)

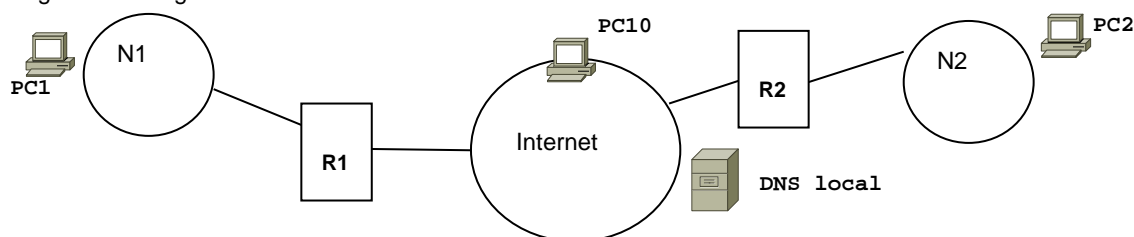
Adreça origen	Adreça destí	Port origen	Port destí	Acceptar/Denegar
212.13.14.17	any	80	any	Acceptar
212.13.14.18	any	25	any	Acceptar
DENEGAR TOT				

d)

Adreça origen	Adreça destí	Port origen	Port destí	Acceptar/Denegar
any	212.13.14.17	any	80	Acceptar
any	212.13.14.18	any	25	Acceptar
DENEGAR TOT				

Problema 4.

Supóngase la siguiente configuración:



Las redes N1 y N2 son de la misma organización O y están unidas por un túnel. En ambas queremos crear subredes usando el rango de direcciones privadas 10.0.0.0/24. Para la configuración del túnel se usa la dirección 192.168.0.0/24. Por otro lado, las interfaces públicas de los Routers R1 y R2 tienen asignadas las direcciones 200.0.0.1/24 y 200.0.0.2/24, respectivamente. El servidor DNS local de N1 y N2 tiene la dirección 200.1.0.2, y PC10, que está fuera de N1 y N2, tiene la dirección 200.100.100.100.

1) Queremos diseñar un espacio de direcciones para todas las redes de la organización O. En concreto, queremos que en N2 haya una subred que pueda tener hasta 100 máquinas, y que el resto de direcciones se use para estructurar N1 en el mayor número posible de subredes.

1.1) Dar las direcciones y máscaras (en formato "/n") de cada una de las subredes, tanto de N1 como de N2. (Nota: Asignar las direcciones con números más bajos a las redes con más máquinas).

1.2) ¿Cuál es el número máximo de subredes que podemos tener en N1?

1.3) ¿Cuántas direcciones quedarán sin poderse asignar a ninguna máquina?

2) Con los datos de que se dispone y haciendo las suposiciones justificadas que sean necesarias, dar la tabla de enrutamiento del Router R1, con el siguiente formato:

Red destino | Interface | Gateway | Métrica

3) Si PC1 hace un PING hacia PC2 (suponiendo que ya disponemos de toda la información necesaria para enviar el mensaje ICMP de salida),

3.1) Dibujar la estructura de la primera trama que saldrá de R1 hacia PC2 indicando todas las cabeceras y campos de datos de usuario que contenga.

3.2) ¿Qué valores tendrán los siguientes campos de la cabecera del datagrama que contiene la trama anterior?:

- dirección destino,
- dirección origen,
- protocolo,
- offset.

4) En un momento dado, tenemos todas las tablas ARP de las máquinas de N1 vacías (acabamos de poner en marcha las máquinas) y el servidor DNS local sin información. PC1 hace "ping PC10.xc.com", siendo "PC10.xc.com" el nombre de la máquina que hemos identificado como PC10, de la que PC1 no sabe la dirección.

4.1) Rellenar la **siguiente tabla** con información de las tramas que circularán por N1 hasta que acabe el ping.

Notas:

Cada fila de la tabla ha de corresponder a una trama.

Algunas columnas no aplican en algunas tramas (indicarlo con "-").

Si se necesitan direcciones físicas (columnas 3 y 4), darle cualquier identificador; para las direcciones IP (columnas 5 y 6), usar alguna que pueda ser correcta.

En la columna "ARP Mensaje" (columna 2) basta con indicar si es pregunta ("Req") o respuesta ("Resp").

En la columna "Transporte" (columna 8) indicar qué tipo de protocolo de transporte se utiliza (UDP o TCP), en el caso que se use.

En la columna 9 indicar 1) si antes del envío de la trama se ha consultado una tabla de routing, 2) cuál, 3) qué pregunta se ha hecho y 4) qué respuesta se ha obtenido.

Columna 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orden trama	ARP				IP	ICMP	Transporte	¿Tabla
	Mensaje	Direcciones		Direcciones		Mensaje	UDP / TCP	routing
	Req/Resp	Origen	Dest	Origen	Dest			consultada?

4.2) Para realizar el ping anterior (ping PC10.xc.com), ¿qué mensajes DNS pasarán por el Router R1? **Para cada mensaje** (en orden de paso) **indicar**: Tipo (pregunta/respuesta), qué pregunta/respuesta lleva, quién ha generado y quién es el destinatario del mensaje. (Ayudarse con una tabla).

Solución:

(1.1) N2: 100 máquinas necesitan 7 bits. El octavo de los que disponemos (el de más peso) la identifica. Por tanto la máscara será de 25 (24+1).

N1: Para tener el máximo número de subredes, hemos de minimizar su tamaño (número de bits de host). Con 1 sólo bit tendríamos sólo subred y broadcast; con 2 bits de host podemos tener subred, broadcast, router y 1 máquina. Nos quedarían 5 bits para subred (pues el sexto (el octavo de N1) es para distinguir de N2). Por tanto, $2^5=32$ subredes. La subred con más máquinas es N2, por tanto, las direcciones serán:

N2: 10.0.0.0/25

N1: 32 subredes desde 10.0.0.128/30 hasta 10.0.0.252/30 (pasando por .132/30, .136/30,244/30 y 248.30).

(1.2) Como se ha dicho antes, 32.

(1.3) En N2 quedarán $128 - 2 - 1$ (router) - 100 (máquinas) = 25. En N1, realmente no queda ninguna (Nota: Se acepta considerar que si en vez de 32 subredes tuviésemos sólo 1, podríamos asignar más direcciones a máquinas).

2

Asumimos que R1 tiene un enlace ppp a un router de un ISP "Risp" (Risp sería una dirección de la red 200.0.0.0/24) y otros eth para N1. Existe además un túnel para conectarse a N2 a través de R2.

Red destino	Interface	Gateway	Métrica
10.0.0.128/30 (N1.1)	eth.1	-	1
...			
10.0.0.252/30 (N1.32)	eth.32	-	1
10.0.0.0/25 (N2)	túnel	192.168.0.2	2
192.168.0.0/24	túnel	-	1
200.0.0.0/24	ppp	-	1
0.0.0.0	ppp	Risp	-

(Nota: Se podrían añadir las direcciones de loop)

(3.1) Cabecera MAC - Cabecera IP externa - Cabecera IP interna - Mensaje ICMP - CRC MAC

(3.2)

Datagrama externo:

Dirección destino = 200.0.0.2 Dirección origen = 200.0.0.1
Protocolo = IP Offset = 0

Datagrama interno:

Dirección destino = 10.0.0.2 Dirección origen = 10.0.0.130
Protocolo = ICMP Offset = 0

4.1

Columna 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orden trama	ARP			IP		ICMP	Transporte	¿Tabla
	Mensaje	Direcciones		Direcciones		Mensaje	UDP / TCP	routing
	Req/Resp	Origen	Dest	Origen	Dest			consultada?

Para poder realizar el ping, PC1 necesita acceder al DNS local. Su tabla de routing le dice que vaya a R1. Necesita su MAC para acceder (hace ARP). Suponemos que la IP de PC1 es 10.0.0.130.

1	Req	PC1	Bcast					PC1: Camino a DNS local? R1
2	Resp	R1	PC1					
3				10.0.0.130 200.1.0.2				UDP (DNS request)
Todo el proceso de resolución del nombre se hace fuera de N1.								
4				200.1.0.2 10.0.0.130				UDP (DNS response)
(Por N1 circula la dirección privada de PC1)								
Ahora PC1 ya tiene la IP de PC10, por lo que puede enviar el ping								
5				10.0.0.130 200.100.100.100			Echo req	PC1: Camino a PC10? R1
6				200.100.100.100 10.0.0.130			Echo resp	

4.2

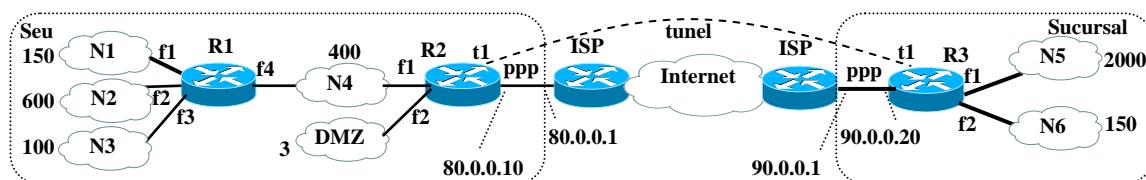
Por el Router R1 sólo pasan el request y la response al DNS local (tramas 3 y 4 anteriores).

El acceso recursivo (root, .com, xc.com) se hace desde el DNS local.

Pregunta de PC1 a DNS local: ¿cuál es la IP de PC10.xc.com?

Respuesta de DNS local a PC1: 200.100.100.100.

Problema 5.



La xarxa de la figura està formada per una VPN entre una Seu i una Sucursal. Només es disposa d'una adreça pública en la Seu i Sucursal (veure la figura). La figura mostra quantes estacions es volen connectar en cada xarxa. En tots els routers s'activa RIP versió 2 amb sumariació a la classe. És a dir, a l'enviar els *updates* RIP agrega les subxarxes que s'hagin pogut definir de cada xarxa amb classe, quan l'*update* s'envia en una interfície que no pertany a l'agregació. Per exemple, si en la taula d'encaminament hi ha les destinacions 192.168.0.0/25 i 192.168.0.128/25, s'enviarà només la destinació 192.168.0.0/24 (quan l'update s'envia en una interfície que no pertany al rang 192.168.0.0/24). També s'ha activat split horizon. Es desitja que RIP configuri tot el que sigui possible, i que l'adreçament triat faci que les taules d'encaminament siguin correctes i tinguin, en mitjana i en el router R2, EL MENOR NOMBRE D'ENTRADES POSSIBLE. També es desitja que només puguin accedir a Internet les estacions de les xarxes N1, N5 i servidors de DMZ, i sempre a través de R2. En la DMZ hi ha un servidor web, smtp i DNS (*well known* ports 80, 25, 53) que han de ser accessibles des d'Internet.

A) Proposa un esquema d'adreçament per a les xarxes internes.

B) Digues quines seran les taules d'encaminament dels routers quan RIP hagi convergit. En les taules utilitza el següent conveni: N1, N2, ... per referir-te a les xarxes anteriors, defineix altres noms (especifica'ls a sota de les taules, com mostra l'exemple) per referir-te a altres rangs d'adreces. Per els gateways, per exemple, R1.f1 per referir-te a l'adreça IP del router R1 en la interfície f1.

C) Missatges RIP que enviarà cada router en les interfícies on hi ha els altres routers (utilitza N1, N2... i els noms definits anteriorment).

D) Configuració NAT. Ajuda't amb la següent taula. En la taula SNAT (source NAT) vol dir que el primer canvi es fa sobre l'adreça IP font (és el NAT habitual), i DNAT (destination NAT) sobre l'adreça IP destinació.

Router	Protocol (TCP/UDP)	Adreça Font (@IP/masc)	Adreça destinació (@IP/masc)	Tipus de canvi (SNAT/DNAT)	Canvia a @IP	port
--------	--------------------	------------------------	------------------------------	----------------------------	--------------	------

Solució:**A)**

Com es demana que es faci sumariació a la classe cal que les subxarxes es puguin sumaritzar, en aquest cas a una classe B (/16). Per això cal utilitzar el rang d'adreces privades 172.16.0.0 a 172.31.0.0.

Xarxa	adreça/màscara (en bits)
N1	172.16.0.0/18
N2	172.16.64.0/18
N3	172.16.128.0/18
N4	172.17.0.0/18
N5	172.18.0.0/18
N6	172.18.64.0/18
DMZ	172.17.64.0/18
Tunel	192.168.0.0/24

Adreces IP	R1	f1	172.16.0.1
		f2	172.16.64.1
		f3	172.16.128.1
		f4	172.17.0.1
	R2	f1	172.17.0.2
		f2	172.17.64.1
		t1	192.168.0.1
	R3	f1	172.18.0.1
		f2	172.18.64.1
		t1	192.168.0.2

Adreces IP dels servidors	
Web	172.17.64.2
Smtip	172.17.64.3
DNS	172.17.64.4

B)**R1**

Destinació	Gateway	Iface	M
N1	*	f1	1
N2	*	f2	1
N3	*	f3	1
N4	*	f4	1
DMZ	R2.f1	f4	2
Tunel	R2.f1	f4	2
P3	R2.f1	f4	3
O/O	R2.f1	f4	2

R2

Destinació	Gateway	Iface	M
ISP1	*	ppp	1
N4	*	f1	1
DMZ	*	f2	1
Tunel	*	t1	1
P1	R1.f4	f1	2
P3	R3.t1	t1	2
O/O	ISP1	ppp	1

R3

Destinació	Gateway	Iface	M
ISP2	*	ppp	1
N5	*	f1	1
N6	*	f2	1
Tunel	*	t1	1
P2	R2.t1	t1	2
P1	R2.t1	t1	3
O/O	R2.t1	t1	2

ISP1: 80.0.0.1/32

P1: 172.16.0.0/16 (sumaritza N1, N2 i N3)

P2: 172.17.0.0/16 (sumaritza N4 i DMZ)

P3: 172.18.0.0/16 (sumaritza N5 i N6)

O/O: 0.0.0.0/0

ISP2: 90.0.0.1/32

C)

R1 en f4: Destinacions: P1 amb mètriques: 1

R2 en f1: Destinacions: DMZ, Túnel, O/O, P3 amb mètriques: 1, 1, 1, 2

R2 en t1: Destinacions: DMZ, O/O, P1, P2 amb mètriques: 1, 1, 2, 1

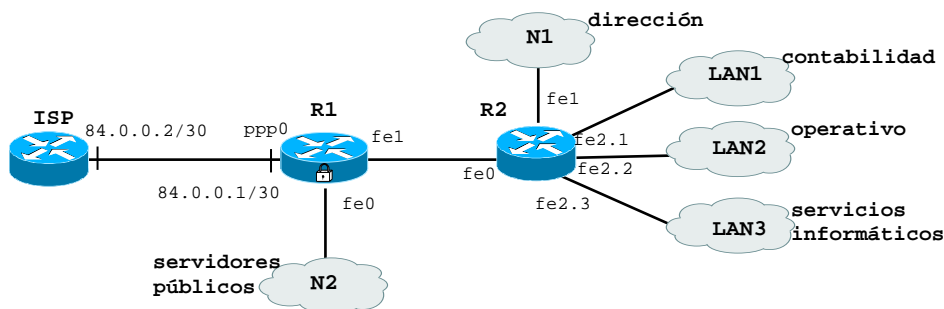
R3 en t1: Destinacions: P3 amb mètriques: 1

D)

Router	Protocol (TCP/UDP)	Adreça Font (@IP/masc)	Adreça destinació (@IP/masc)	Tipus de canvi (SNAT/DNAT)	Canvia a @IP	port
R2	TCP	N1	Any	SNAT	80.0.0.10	Any
R2	TCP	DMZ	Any	SNAT	80.0.0.10	Any
R2	TCP	N5	Any	SNAT	80.0.0.10	Any
R2	TCP	Any	80.0.0.10	DNAT	Web 172.17.64.2	80
R2	TCP	Any	80.0.0.10	DNAT	Smtip 172.17.64.3	25
R2	UDP	Any	80.0.0.10	DNAT	DNS 172.17.64.4	53

Problema 6.

La sede central de una empresa tiene la siguiente configuración

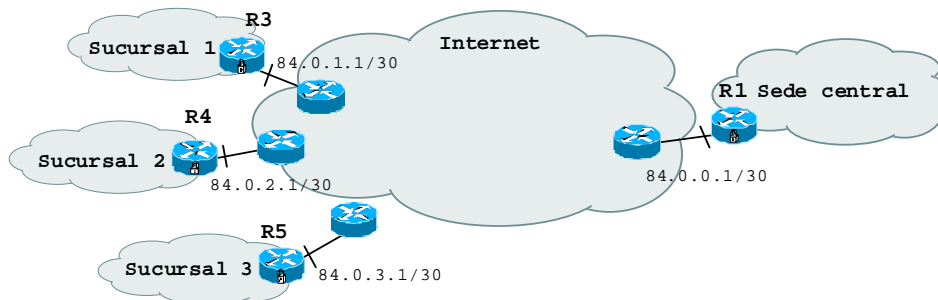


Se pide:

- Un direccionamiento válido para esta empresa sabiendo que: 1) el router R1 separa la red de servidores públicos N2 del resto que son redes privadas; 2) que el ISP proporciona un rango de direcciones públicas a partir de 200.0.0.0/24; 3) la empresa quiere mantener los 5 servidores públicos (http, DNS, mail, ssh, fax) siempre visibles desde Internet y quiere adquirir el número mínimo de direcciones públicas; 4) en la red privada hay 2 hosts en la red de dirección, 10 en contabilidad, 10 en operativo y 5 en servicios informáticos. Motiva tus razonamientos y elecciones.
- Explica qué habrá que hacer para que las redes de dirección, contabilidad y operativo tengan acceso a Internet. Motiva tus razonamientos y elecciones.
- Configurar las interfaces de los routers R1 y R2 e indica sus tablas de encaminamiento especificando los valores de "destino, máscara, gateway, interfaz y métrica". Supón que se ha activado RIPv2 y las tablas han convergido.
- Configurar el router R1 para que haga de firewall. En particular: 1) que cualquier cliente de Internet pueda acceder a los servidores públicos pero no a la red privada; 2) que los hosts de la red privada puedan acceder a los servidores públicos y a los servidores de Internet. Indica claramente la interfaz donde aplicas las reglas ACL, y si es a la entrada o salida de la interfaz. Para las reglas ACL usar el siguiente formato:

IPdestino/máscara puertodestino IPorigen/máscara puertoorigen protocolo estado acepta/rechaza

Suponer ahora que esta sede central pertenece a una empresa que tiene además 3 sucursales.



Se pide:

- Proponer qué túneles deberían configurarse si se desea que haya el menor número posible de túneles en la VPN de la empresa
- Configurar las direcciones IP de los túneles.

Solución

- a) 5 servidores públicos + router + broadcast + red = 8 @IP --> 3 bits para hostID, máscara 29
200.0.0.0/29

También se pueden asignar direcciones privadas, por ejemplo 192.168.0.0/29 y configurar un NAT estático (o también PAT estático siendo los puertos de los servidores distintos) en el router R1. Es fundamental que sea de tipo estático para que cada servidor tenga una única dirección visible desde Internet (o una tupla dirección-puerto en el caso de PAT).

Redes privadas usamos direcciones privadas

10.0.0.0/24 para red R1-R2

10.0.1.0/24 para dirección

10.0.2.0/24 para contabilidad

10.0.3.0/24 para operativo

10.0.4.0/24 para servicios informáticos

Se necesitan 8 direcciones públicas para direccionamiento

b) Se configura PAT dinámico (o NAT dinámico por puertos) en el router R1 usando la dirección pública de la interfaz ppp0.

c)

R1-ppp0: 84.0.0.1/30, R1-fe0: 200.0.0.1/29, R1-fe1: 10.0.0.1/24
 R2-fe0: 10.0.0.2/24, R2-fe1: 10.0.1.1/24
 R2-fe2.1: 10.0.2.1/24, R2-fe2.2: 10.0.3.1/24, R2-fe2.3: 10.0.4.1/24

	Destino	Masc	Gateway	Intf	Hop
ISP-R1	84.0.0.0	30	-	ppp0	1
N2	200.0.0.0	29	-	fe0	1
R1-R2	10.0.0.0	24	-	fe1	1
N1	10.0.1.0	24	10.0.0.2	fe1	2
LAN1	10.0.2.0	24	10.0.0.2	fe1	2
LAN2	10.0.3.0	24	10.0.0.2	fe1	2
LAN3	10.0.4.0	24	10.0.0.2	fe1	2
	0.0.0.0	0	84.0.0.2	ppp0	-

Tabla R1

	Destino	Masc	Gateway	Intf	Hop
R1-R2	10.0.0.0	24	-	fe0	1
N1	10.0.1.0	24	-	fe1	1
LAN1	10.0.2.0	24	-	fe2.1	1
LAN2	10.0.3.0	24	-	fe2.2	1
LAN3	10.0.4.0	24	-	fe2.3	1
N2	200.0.0.0	29	10.0.0.1	fe0	2
	0.0.0.0	0	10.0.0.1	fe0	-

Se supone que R1 anuncia N2 y la ruta por defecto

Tabla R2

d)

1) Interfaz fe0 out (también se puede agrupar con 3 y configurar en ppp0 in)

IPdestino/masc	puerto_destino	IPorigen/masc	puerto_origen	protocolo	estado	acepta/rechaza
200.0.0.0/29	http	0.0.0.0/0	>1023	TCP	any	acepta
200.0.0.0/29	DNS	0.0.0.0/0	>1023	TCP/UDP	any	acepta
200.0.0.0/29	mail	0.0.0.0/0	>1023	TCP	any	acepta
200.0.0.0/29	fax	0.0.0.0/0	>1023	TCP	any	acepta
200.0.0.0/29	ssh	0.0.0.0/0	>1023	TCP	any	acepta
0.0.0.0/0	any	0.0.0.0/0	any	any	any	rechaza

Las direcciones IP destino se pueden asignar a un host concreto con /32

Los servidores de correo (SMTP) y de DNS actúan también como clientes de servidores externos.

Esto se ve en el capítulo de protocolos de aplicación.

2) Interfaz fe1 in

0.0.0.0/0	<1024	10.0.1.0/24	>1023	any	any	acepta
0.0.0.0/0	<1024	10.0.2.0/24	>1023	any	any	acepta
0.0.0.0/0	<1024	10.0.3.0/24	>1023	any	any	acepta
0.0.0.0/0	<1024	10.0.4.0/24	>1023	any	any	acepta
0.0.0.0/0	any	0.0.0.0/0	any	any	any	rechaza

3) Interfaz fe1 out

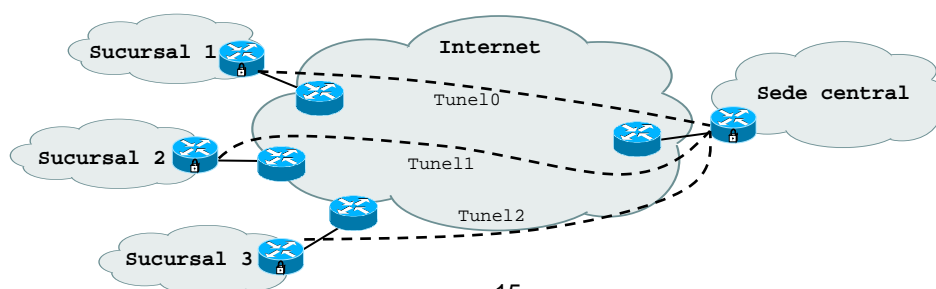
10.0.1.0/24	>1023	0.0.0.0/0	<1024	any	established	acepta
10.0.2.0/24	>1023	0.0.0.0/0	<1024	any	established	acepta
10.0.3.0/24	>1023	0.0.0.0/0	<1024	any	established	acepta
10.0.4.0/24	>1023	0.0.0.0/0	<1024	any	established	acepta
0.0.0.0/0	any	0.0.0.0/0	any	any	any	rechaza

e) Tres túneles

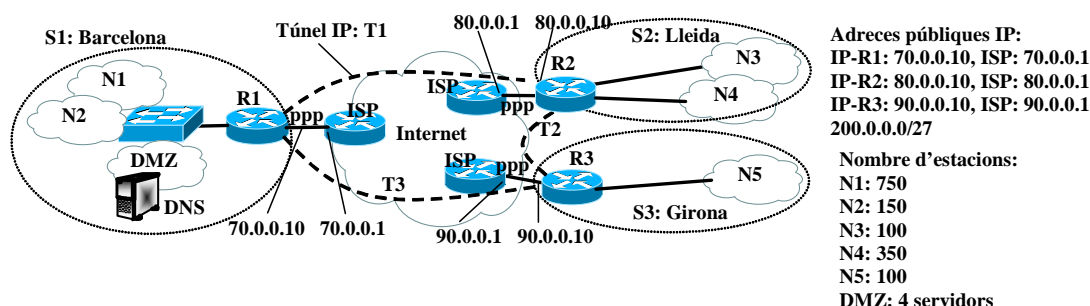
Tunel0 entre 84.0.0.1 y 84.0.1.1, interfaz tun0 en R1: 10.100.0.1/24, interfaz tun0 en R3: 10.100.0.2/24

Tunel1 entre 84.0.0.1 y 84.0.2.1, interfaz tun1 en R1: 10.100.1.1/24, interfaz tun0 en R4: 10.100.1.2/24

Tunel2 entre 84.0.0.1 y 84.0.3.1, interfaz tun2 en R1: 10.100.2.1/24, interfaz tun0 en R5: 10.100.2.2/24



Problema 7.



La xarxa corporativa de la figura està formada per una VPN amb 3 seus (S1, S2, S3) connectades amb túnels IP. En cada seu hi ha un router amb les subxarxes IP que mostra la figura. Tots els routers tenen servidors DHCP. Suposa que la connexió amb els ISPs està formada per enllaços ppp amb les adreces mostrades en la figura. Addicionalment, s'ha contractat el rang d'adreces 200.0.0.0/27 a l'ISP de la seu S1. Les adreces 200.0.0.0/27 es volen fer servir per assignar als servidors de la xarxa DMZ (les de valor numèric menor), i la resta, tantes com sigui possible, per accedir a Internet amb PAT (conegut també com NAT-PAT). La figura mostra també el nombre d'estacions que hi haurà en cada xarxa. Es desitja que totes les estacions tinguin accés a Internet, i que totes les connexions que es fan des de l'interior de la xarxa corporativa cap a Internet, passin pel router R1. En la xarxa es vol fer servir RIPv2. Les rutes estàtiques afegides manualment han de ser les mínimes possible. Suposa que es desitja que les adreces IP del router R1 tinguin el hostid=1 en totes les interfícies on sigui possible, les del router R2 tinguin hostid=2, i les del router 3 tinguin hostid=3. Contesta les següents preguntes. Inventa't les dades que puguin faltar. Justifica les respostes.

- Proposa un esquema d'adreçament indicant: (i) L'adreça per cada subxarxa IP que defineixis en la forma @IP/nombre de bits de la màscara. Dóna també la màscara en la notació en punts. Digues quantes estacions es podrien connectar com a màxim en cada una de les subxarxes N1,...N5 i DMZ que has definit. (ii) Indica clarament la configuració pel que fa a les adreces IP que suposes pels túnels. (iii) Digues quin és el rang d'adreces que es podran fer servir per accedir a Internet amb PAT, en el format : @IP inicial-@IP final.
- Digues si s'haurà hagut d'afegir alguna ruta estàtica. Digues quines seran les taules d'encaminament de R1, R2, R3 quan RIPv2 hagi convergit. Per cada entrada dóna: Destinació/màscara en bits, Gateway, interfície i mètrica RIPv2.
- Digues quin serà el contingut dels missatges RIPv2 que rebrà R2 si es fa servir *split horizon*.
- (i) Explica quins tipus de protocols poden sortir cap a Internet amb PAT, i els camps dels paquets que pot ser es veuran modificats quan travessin el router PAT cap a Internet. (ii) Quina és la limitació que PAT tindrà sobre el nombre màxim de connexions que es poden iniciar simultàniament cap a Internet per cada un d'aquests protocols, i calcula quin serà el nombre màxim de connexions, explicant clarament les suposicions que facis.
- Suposa que es bota una estació en la xarxa N1. Explica els missatges que es generaran fins que la màquina hagi quedat configurada. Indica les adreces IP origen/destinació que tindran els missatges DHCP, i les entrades que hi haurà en la taula ARP (si n'hi ha alguna).
- Suposa que totes les taules ARP estan buides i que en una estació de N4 s'executa la comanda ping www.upc.edu. Digues tots els dispositius de la xarxa corporativa que hauran modificat la taula ARP quantes entrades i quin serà el seu valor quan l'estació rep el missatge echo reply.

Solució:

A.

Per a les xarxes N1~N5 agafem adreces privades de tipus B (172.16.0.0~172.31.0.0), perquè hi càpiguen totes les estacions. Per a la xarxa DMZ necessitem 3 bits de hostid: Hi podem connectar 8-2-1=5 servidors. Agafem doncs la xarxa 200.0.0.0/29. Per PAT queden la resta d'adreces: 200.0.0.8~200.0.0.31 (en total, 24 adreces). Pels túnels farem servir xarxes privades de classe C:

Xarxa	Adreça/Màscara	Màscara notació en punts	#estacions
N1	172.21.0.0/16	255.255.0.0	$2^{16}-3=65.533$
N2	172.22.0.0/16	255.255.0.0	$2^{16}-3=65.533$
N3	172.23.0.0/16	255.255.0.0	$2^{16}-3=65.533$
N4	172.24.0.0/16	255.255.0.0	$2^{16}-3=65.533$
N5	172.25.0.0/16	255.255.0.0	$2^{16}-3=65.533$
DMZ	200.0.0.0/29	255.255.255.248	5
T1	192.168.1.0/24	255.255.255.0	
T2	192.168.2.0/24	255.255.255.0	
T3	192.168.3.0/24	255.255.255.0	

B.

La única ruta estàtica que s'haurà d'afegir és la ruta per defecte en R1.

En les següents taules, els valors Destinació/Màscara de la corresponent columna son els indicats en la taula de l'apartat A.

Dest/Màsc	Gateway	Interf	M
N1		E0.1	1
N2		E0.2	1
N3	192.168.1.2	Tun0	2
N4	192.168.1.2	Tun0	2
N5	192.168.2.3	Tun1	2
DMZ		E0.3	1
T1		Tun0	1
T2	192.168.1.2	Tun0	2
T3		Tun1	1
0.0.0.0/0	70.0.0.1	Ppp0	1
70.0.0.1/32		Ppp0	1

Taula 1: R1

Dest/Màsc	Gateway	Interf	M
N1	192.168.1.1	Tun0	2
N2	192.168.1.1	Tun0	2
N3		E0.1	1
N4		E0.2	1
N5	192.168.2.3	Tun1	2
DMZ	192.168.1.1	Tun0	2
T1		Tun0	1
T2		Tun1	1
T3	192.168.1.1	Tun1	2
0.0.0.0/0	192.168.1.1	Tun0	2
80.0.0.1/32		Ppp0	1

Taula 2: R2

Dest/Màsc	Gateway	Interf	M
N1	192.168.3.1	Tun0	2
N2	192.168.3.1	Tun0	2
N3	192.168.2.2	Tun1	2
N4	192.168.2.2	Tun1	2
N5		E0	1
DMZ	192.168.3.1	Tun0	2
T1	192.168.3.1	Tun0	2
T2		Tun0	1
T3		Tun1	1
0.0.0.0/0	192.168.3.1	Tun0	2
90.0.0.1/32		Ppp0	1

Taula 3: R3

C.

De R1:

Dst/Masc	M
N1	1
N2	1
N5	2
DMZ	1
T3	1
0.0.0.0/0	1

De R3:

Dst/Masc	M
N1	2
N2	2
N5	1
DMZ	2
T1	2
T3	1
0.0.0.0/0	2

D.

(i) ICMP, TCP, UDP. El router modificarà a tots els datagrames que surten cap a Internet amb PAT: l'@IP font; i pot ser, per a ICMP l'identificador, per UDP i TCP el port font.

(ii) Com que hi ha 24 adreces per PAT:

ICMP: $24 \times 2^{16} = 1.572.864$

TCP: $24 \times (2^{16} - 1024) = 1.548.288$

UDP: $24 \times (2^{16} - 1024) = 1.548.288$

Suposicions: es poden fer servir tots els ports efímers.

E.

Suposicions: El PC fa servir els valors de la sessió anterior (per tant, no s'envia el DHCPDISCOVERY/DHCPOFFER).

El host envia: DHCP-REQUEST: dst = 255.255.255.255, src = 0.0.0.0

El servidor DHCP envia: DHCP-ACK: dst = 255.255.255.255, src = 172.21.0.1

Les taules ARP quedaran buides (no hi ha cap resolució ARP).

F.

Hi haurà 1 entrada en l'estació, R1, R2 i servidor DNS:

Taula ARP de la estació: @IP = 172.24.0.2 (R2) i @MAC-R2

Taula ARP de R2: @IP = 172.24.0.10 (estació) i @MAC-estació

Taula ARP de R1: @IP = 200.0.0.2 (servidor DNS) i @MAC-DNS

Taula ARP del servidor DNS: @IP = 200.0.0.1 (R1) i @MAC-R1.

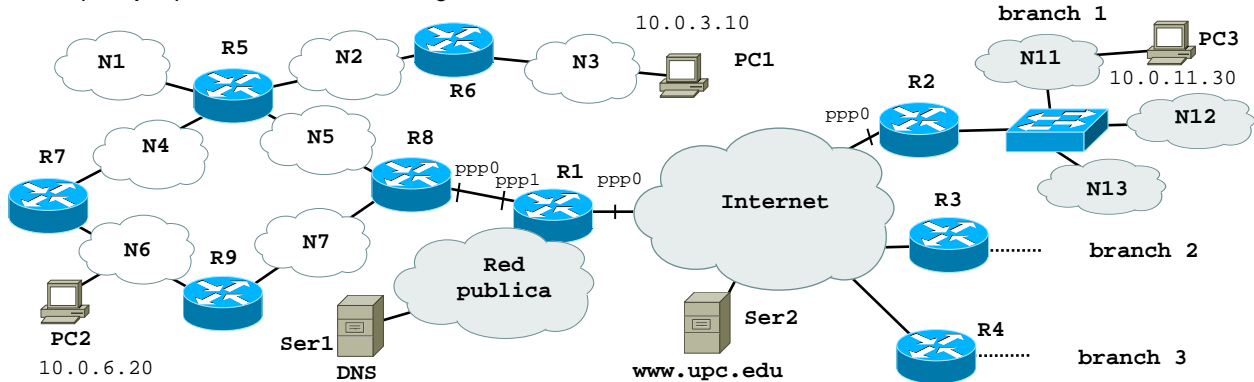
Problema 8.

Una empresa dispone de la red de la figura compuesta por una sede central y tres delegaciones conectadas por medio de Internet. En la sede central tenemos

- Siete redes departamentales internas *privadas* (de N1 a N7). Estas redes tienen direcciones privadas del tipo 10.0.X.0/24 donde X es el número de la red (por ejemplo la N1 tiene la 10.0.1.0/24).
- una red de los servidores *públicos* (red pública).
- un router/firewall que conecta las redes privadas y públicas con Internet.

Cada delegación Y está compuesta por

- un router que se conecta a la sede central con una VPN a través de un túnel en Internet.
- 3 LANs (de NY1 a NY3) que componen la red privada. Las direcciones privadas siguen el mismo esquema de la sede central, por ejemplo la red N31 de la delegación 3 tiene la 10.0.31.0/24.



- a) A partir del rango 202.0.1.128/25 diseñar un esquema de direccionamiento para la parte pública sabiendo que esta se compone de 7 redes:
- Dos redes de interconexión entre routers
 - Tres redes con 5 hosts cada una
 - Una red con 28 hosts
 - Una red con 50 hosts
- b) Sabiendo que las direcciones IP públicas de los routers R1-R4 son 201.0.1.1, 201.0.2.1, 201.0.3.1 y 201.0.4.1 respectivamente y que el router R1 usa NAT dinámico con rango 202.0.1.10-202.0.1.19, mientras R2, R3 y R4 usan PAT, deducir:
- Si PC1 hace un ping a PC3, las direcciones IP que tendrán los datagramas en las redes N5, en Internet y en N11.
 - Si PC1 hace un ping al Ser2, las direcciones IP que tendrán los datagramas en las redes N5 y en Internet.
 - Si PC3 hace un ping al Ser2, las direcciones IP que tendrán los datagramas en las redes N11 y en Internet.
- c) Asignar direcciones IP a las interfaces internas (las que están conectadas con los switches) de los routers R2, R3 y R4.
- d) Escribir la secuencia de paquetes que se enviarán hasta que se reciba el primer echo reply si en PC2 se ejecuta: ping www.upc.edu.

Para ello suponer:

- Todas las caches ARP están vacías
- PC2 desconoce la dirección IP de www.upc.edu
- El servidor de nombres de PC2 es Ser1
- Ser1 tiene cacheada la dirección IP de www.upc.edu, que es 209.85.135.99

Utilizar el siguiente formato de tabla para contestar la pregunta:

		Capçalera ethernet		Capçalera IP		Missatge ARP				ICMP	DNS	
		@src	@dst	@src	@dst	Q/R	sender		target		Q/R	Q/R
							MAC	IP	MAC	IP		
1												

Para indicar la dirección MAC de un router utilizar: :X:i donde X=número de red, e i=número de router. Por ejemplo, si queremos indicar la MAC de R9 en la red N6 lo haríamos como: :6:9. Análogamente, para indicar las direcciones IP, utilizar: .X.i. Para indicar broadcasts utilizaremos: :FF:FF para Ethernet y .FF.FF para IP.

Solución

a)

	Usuarios	Interfaz router	Red y broadcast	Total IP	Múltiplo 2	hostID
Red R-R1	0	2	2	4	$2^2 = 4$	2
Red R-R2	0	2	2	4	$2^2 = 4$	2
Red 1	5	1	2	8	$2^3 = 8$	3
Red 2	5	1	2	8	$2^3 = 8$	3
Red 3	5	1	2	8	$2^3 = 8$	3
Red 4	28	1	2	31	$2^5 = 32$	5
Red 5	50	1	2	53	$2^6 = 64$	6

Para asignar las IP conviene empezar con las redes con máscaras más pequeñas

netID	subID	hostID	@IP red	@IP broadcast	Red
peso	128 64	3 2 1 8 4 2 1			
202. 0. 1.	1 0	X X X X X X X	202.0.1.128	202.0.1.191	Red 5
202. 0. 1.	1 1	0 X X X X X X	202.0.1.192	202.0.1.223	Red 4
202. 0. 1.	1 1	1 0 0 X X X X	202.0.1.224	202.0.1.231	Red 3
202. 0. 1.	1 1	1 0 1 X X X X	202.0.1.232	202.0.1.239	Red 2
202. 0. 1.	1 1	1 1 0 X X X X	202.0.1.240	202.0.1.247	Red 1
202. 0. 1.	1 1	1 1 1 0 X X X	202.0.1.248	202.0.1.251	Red R-R1
202. 0. 1.	1 1	1 1 1 1 X X X	202.0.1.252	202.0.1.255	Red R-R2

Las mascara son

2 bits de hostID => mascara 32 - 2 = 30

3 bits de hostID => mascara 32 - 3 = 29

5 bits de hostID => mascara 32 - 5 = 27

6 bits de hostID => mascara 32 - 6 = 26

/24	hostID								Redes
peso	128	64	32	16	8	4	2	1	
255.255.255.	1	1	1	1	1	1	0	0	Red R-R1 y Red R-R2
255.255.255.	1	1	1	1	1	0	0	0	Red 1, Red 2 y Red 3
255.255.255.	1	1	1	0	0	0	0	0	Red 4
255.255.255.	1	1	0	0	0	0	0	0	Red 6

b)

PC1 ping a PC3

N5: @IP origen 10.0.3.10, @IP destino 10.0.11.30

Internet: @IP origen 201.0.1.1, @IP destino 201.0.1.2 (IPinIP @IP origen 10.0.3.10, @IP destino 10.0.11.30)

N11: @IP origen 10.0.3.10, @IP destino 10.0.11.30

PC1 ping a Ser2

N5: @IP origen 10.0.3.10, @IP destino 209.85.135.99

Internet: @IP origen 202.0.1.10, @IP destino 209.85.135.99

PC1 ping a PC3

N11: @IP origen 10.0.11.30, @IP destino 209.85.135.99

Internet: @IP origen 201.0.2.1, @IP destino 209.85.135.99

c)

R2: 10.0.11.1/24 10.0.12.1/24 10.0.13.1/24

R3: 10.0.21.1/24 10.0.22.1/24 10.0.23.1/24

R4: 10.0.31.1/24 10.0.32.1/24 10.0.33.1/24

d)

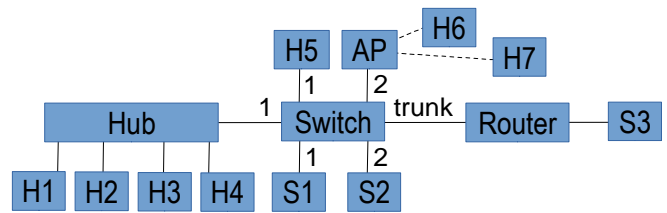
		Capçalera ethernet		Capçalera IP		Missatge ARP				ICMP	DNS	
		@src	@dst	@src	@dst	Q /	sender		target		Q/R	Q/R
							MAC	IP	MAC	IP		
1	N6	:6:20	:FF:FF			Q	:6:20	10.0.6.20		.6.9		
2	N6	:6:9	:6:20			R	:6:9	.6.9	:6:20	10.0.6.20		
3	N6	:6:20	:6:9	10.0.6.20	.Ser1							Q
4	N7	:7:9	:FF:FF			Q	:7:9	.7.9		.7.8		
5	N7	:7:8	:7:9			R	:7:8	.7.8	:7:9	.7.9		
6	N7	:7:9	:7:8	10.0.6.20	.Ser1							Q
7	ppp			10.0.6.20	.Ser1							Q
8	RP	:R1	:FF:FF			Q	:R1	.R1		.Ser1		
9	RP	:Ser1	:R1			R	:Ser1	.Ser1	:R1	.R1		
10	RP	:R1	:Ser1	10.0.6.20	.Ser1							Q
11	RP	:Ser1	:R1	.Ser1	10.0.6.20							R
12	ppp			.Ser1	10.0.6.20							R
13	N7	:7:8	:7:9	.Ser1	10.0.6.20							R
14	N6	:6:9	:6:20	.Ser1	10.0.6.20							R
15	N6	:6:20	:6:9	10.0.6.20	209.85.135.99						Q	
16	N7	:7:9	:7:8	10.0.6.20	209.85.135.99						Q	
17	ppp			10.0.6.20	209.85.135.99						Q	
18	Internet			202.0.1.10	209.85.135.99						Q	
19	Internet			209.85.135.99	202.0.1.10						R	
20	ppp			209.85.135.99	10.0.6.20						R	
21	N7	:7:8	:7:9	209.85.135.99	10.0.6.20						R	
22	N6	:6:9	:6:20	209.85.135.99	10.0.6.20						R	

TEMA Xarxes d'Àrea Local

Problema 9. (2014t)

Una organización dispone de la siguiente red local:

El switch utiliza las VLAN 1 y 2 configuradas según indican los números en cada puerto. Los PC están conectados por cable (H1-H5) y por WiFi (H6-H7) para comunicarse con los servidores: S1 en la VLAN1, S2 en la VLAN2, y tras un router S3 accesible para todos. Suponer que todas las conexiones tienen la misma velocidad (100 Mbps) y están configuradas de forma óptima.



1) Indica la lista de dispositivos de red que aparecerían en un broadcast (por ejemplo un ping) desde:

H1:

H6:

S3:

2) Indica la lista de dispositivos de red que atravesaría una trama Ethernet de:

H2 a S3:

H5 a S2:

H7 a S1:

3) Si todos los PC (H*) envían tramas Ethernet (unicast) a la máxima velocidad y de forma sostenida del servidor en su VLAN respectiva (S1 para VLAN 1 y S2 para VLAN 2), calcula la velocidad de transferencia máxima (e indica brevemente el motivo) en:

H3:

H5:

H6:

4) Si todos los PC (H*) reciben tramas Ethernet de su correspondiente servidor en la VLAN, calcula la velocidad de transferencia máxima.

Solución:

1)

H1: H1 H2 H3 H4 H5 S1 R

H6: H6 H7 S2 R

S3: R

2)

H2 a S3: H S R

H5 a S2: S R S

H7 a S1: AP S R S

3)

S1 y S2 están en VLANs distintas, por tanto la limitación está en 100 Mbps en cada VLAN y puerto.

H3: 100/4/2 Mbps (/4 debido al Hub, /2 debido al reparto entre dos puertos del Switch en VLAN 1)

H5: 100/2 Mbps (debido al reparto entre dos puertos del Switch en VLAN 1)

H6: 100/2 Mbps (debido al reparto por el AP, el switch no tiene efecto)

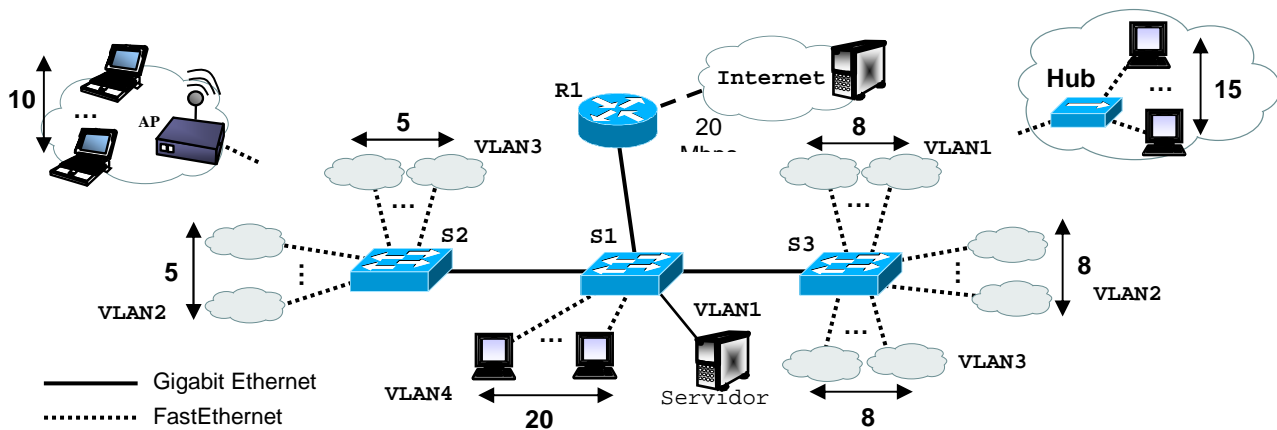
4)

No se aplica el control de flujo

H1 = H2 = H3 = H4 = H5 = 100/5 = 20 Mbps

H6 = H7 = 100/2 = 50 Mbps

Problema 2.



La red de la figura está formada por 460 estaciones y un servidor interno. Se han configurado 4 VLANs. Todos los enlaces son FastEthernet excepto los enlaces S1-S2, S1-S3, S1-R1 y S1-Servidor que son Gigabit Ethernet y el enlace del router a Internet que es de 20Mbps. La eficiencia de los Switch es del 100%, de los Hubs del 80% y de los Access-Points (APs) del 66.7% (dos tercios). Cada VLAN conectada al switch S3 consiste de 8 hubs, cada uno conectado con 15 estaciones. Cada VLAN conectada al switch S2 consiste de 5 APs, cada uno conectado con 10 estaciones wireless. Los APs y las estaciones wireless usan 802.11g (54 Mbps). Supón que todas las estaciones usan un tipo de aplicación que usa conexiones TCP y siempre tienen información lista para transmitir al servidor (las respuestas del servidor son despreciables). Las estaciones que no están activas no transmiten. Contesta para los escenarios que se dan a continuación: (i) Los enlaces donde se creará un cuello de botella, (ii) Cuál será el o los mecanismos que regulan la velocidad efectiva de las estaciones, (iii) La velocidad efectiva que conseguirán las estaciones activas. Razona y **motiva** las respuestas comentando las suposiciones hechas.

- A. Solo están activas las estaciones de la VLAN1.
- B. Solo están activas las estaciones de las VLAN2 y VLAN3.
- C. Solo están activas las estaciones de las VLAN1 y VLAN4.
- D. Las estaciones de las VLAN1, VLAN2 y VLAN3 acceden a un servidor de Internet.

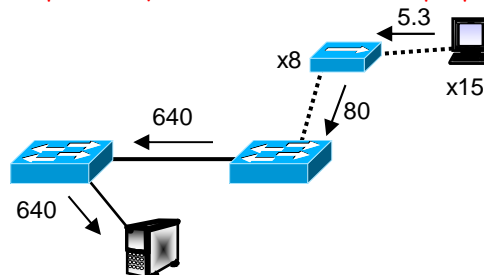
Solución:

A.

La eficiencia de los hubs es del 80% entonces, a su máxima capacidad, transmiten 80 Mbps a S3. Como hay 8 hubs conectados a S3, en el enlace S1-S3 hay $8 \times 80 = 640$ Mbps. Como es inferior a la capacidad del enlace (1Gbps), no hay congestión en S3. Como transmiten solo estaciones de la VLAN1 al servidor (que es también de la VLAN1), las tramas van directamente de S1 al servidor (sin pasar por el router). Siendo el enlace S1-servidor de 1 Gbps, no hay congestión en S1.

Por lo tanto:

- (i) Los cuellos de botella son los hubs
- (ii) El CSMA/CD de las estaciones controla y reparte los 80 Mbps de cada hub.
- (iii) Las 15 estaciones de cada hub se reparten equitativamente los 80 Mbps, por lo tanto $80/15 = 5.3$ Mbps.



B.

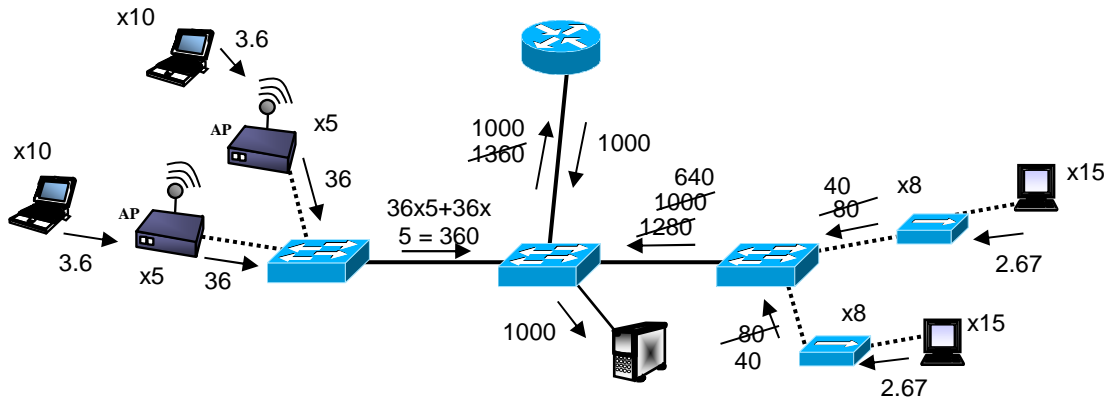
Empezamos con la parte izquierda de la red. La eficiencia de los APs es del 66.7% entonces, a su máxima capacidad, transmiten $54 \times 0.667 = 36$ Mbps a S2 (que es inferior a la capacidad del enlace FastEthernet). Como hay 5 APs en la VLAN2 y otros 5 en la VLAN3, a la salida de S2 hay $36 \times 5 + 36 \times 5 = 360$ Mbps. Como es inferior a la capacidad del enlace S2-S1 (1 Gbps), no hay congestión en S2.

A la derecha hay también estaciones de las VLAN2 y VLAN3. Como en el caso del punto A, cada hub transmite 80 Mbps a S3. Como hay 8 hubs en la VLAN2 y otros 8 en la VLAN3, a la salida de S3 hay $80 \times 8 + 80 \times 8 = 1280$ Mbps. Como se supera la capacidad del enlace (1 Gbps), S3 solo transmite 1000 Mbps.

A diferencia del caso anterior, ahora las estaciones pertenecen a VLAN distintas del servidor por lo tanto hay que pasar por el enlace de trunk del router. Sumando lo que entra en S1, por el trunk debería pasar $1000 + 360 = 1360$ Mbps. Como supera la capacidad del trunk (1 Gbps), S1 debe hacer control de flujo y limitar la transmisión a 1000 Mbps. A partir de aquí no hay más restricciones siendo el enlace S1-servidor de 1 Gbps. Por lo tanto:

- (i) El cuello de botella general es el trunk S1-R1. En WiFi el cuello son los APs.

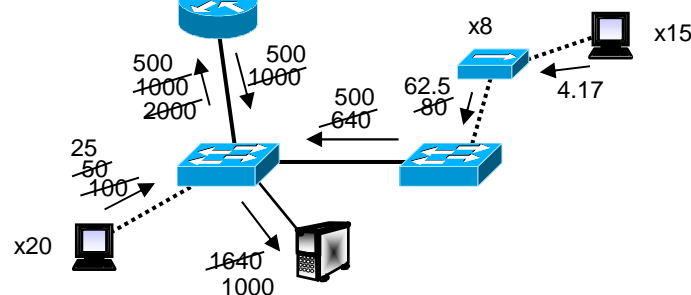
- (ii) El control de flujo de S1 reparte los 1000 Mbps del trunk de manera equitativa entre los dos enlaces de entrada (S2-S1 y S3-S1). Como por el enlace S2-S1 pasan 360 Mbps, que es menor de la mitad del trunk (500 Mbps), S1 solo limita el enlace S3-S1 a $1000 - 360 = 640$ Mbps. Siendo el enlace FDX, el control de flujo se hace con tramas de pausa. En los APs la velocidad se regula por CSMA/CA.
- (iii) Volviendo atrás, S3 reparte estos 640 Mbps entre los 16 hubs conectados ($640/16 = 40$ Mbps). Como estos enlaces son HDX, S3 hace control de flujo con tramas de jabber. Las 15 estaciones de cada hub se reparten los 40 Mbps ($40/15 = 2.67$ Mbps). Por el otro lado, S2 no necesita hacer control de flujo. Los 36 Mbps de cada APs se reparten entre las 10 estaciones ($36/10 = 3.6$ Mbps) a través del CSMA/CA.



C.

Para las estaciones de la VLAN1 es como el caso A y por el enlace S3-S1 se intentan transmitir 640 Mbps. Las 20 estaciones de la VLAN4 tienen enlaces FastEthernet e intentan transmitir a 100 Mbps. Estas estaciones no pertenecen a la red del servidor y por lo tanto deben pasar por el trunk. Siendo 20 las estaciones, deberían pasar por el trunk $100 \times 20 = 2000$ Mbps que supera su capacidad. S1 limita entonces las estaciones a 50 Mbps cada una ($1000/20 = 50$ Mbps). Estos 1000 Mbps de vuelta del router deben sumarse a los 640 Mbps que vienen de la VLAN1 e ir al servidor ($1000 + 640 = 1640$ Mbps). Como supera la capacidad del enlace S1-servidor (1 Gbps), S1 debe limitar las entradas. Por lo tanto:

- (i) El cuello de botella general es el enlace S1-servidor
- (ii) S1 usa control de flujo (tramas de pausa) para repartir la capacidad de 1000 Mbps entre los dos enlaces de entrada (S3-S1 y R1-S1). Como pero el router no puede hacer control de flujo, envía al servidor los 500 Mbps que le deja S1 y descarta el tráfico en exceso (la cola de salida del enlace se llena). Por lo tanto los 500 Mbps del router se reparten entre las estaciones de la VLAN4 y lo regula el TCP.
- (iii) Volviendo atrás, las 20 estaciones de la VLAN4 se reparten equitativamente los 500 Mbps ($500 / 20 = 25$ Mbps). Los hubs de la VLAN1 se reparten los otros 500 Mbps ($500 / 8 = 62.5$ Mbps). Cada estación conectada a un hub tiene entonces $62.5 / 15 = 4.17$ Mbps.

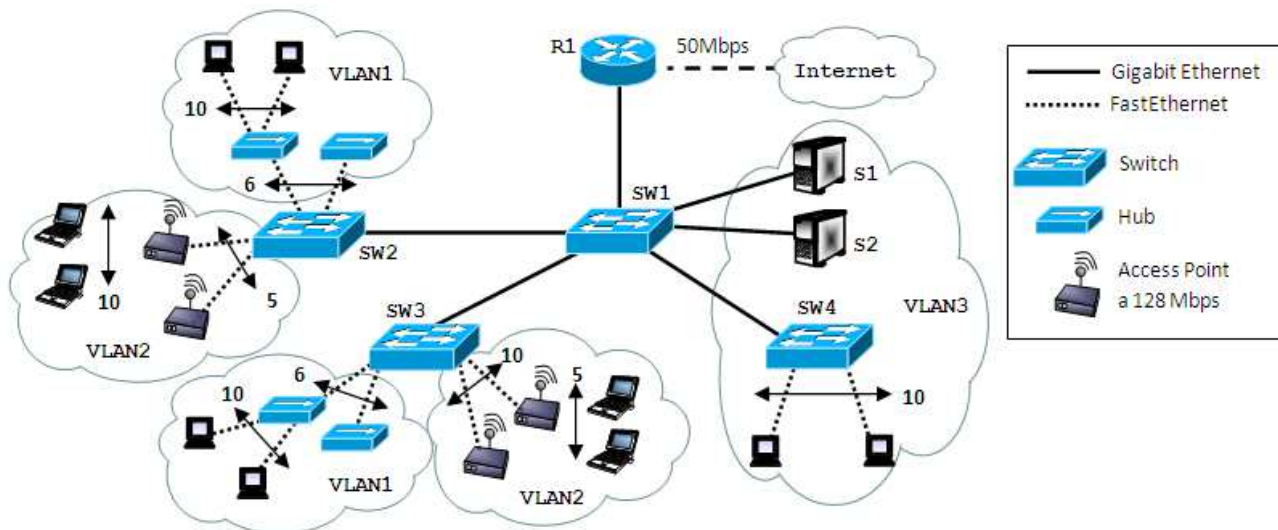


D.

En este caso:

- (i) El cuello de botella es la conexión a Internet de 20 Mbps
- (ii) Si todas las estaciones son iguales, las pérdidas en el buffer del router regulan las ventanas de congestión (TCP) de los hosts y esta capacidad se reparte equitativamente.
- (iii) Cada estación tiene $20 \text{ Mbps} / (15 \times 8 + 15 \times 8 + 15 \times 8 + 10 \times 5 + 10 \times 5) = 43.48 \text{ kbps}$.

Problema 3.



La red de la figura está formada por 230 estaciones y dos servidores S1 y S2. Se han configurado 3 VLANs donde el número de Access Points (APs), hubs y estaciones por hub o AP está indicado en la figura. Los enlaces cableados son Gigabit Ethernet o FastEthernet según si son dibujados como líneas enteras o punteadas, respectivamente. Los APs usan una conexión wireless a 128 Mbps. El enlace del router a Internet es de 50Mbps. La eficiencia de los Switch es del 100%, de los Hubs del 80% y de los APs del 50%. Contesta para los escenarios que se dan a continuación suponiendo que solo transmiten información las estaciones que están activas despreciando el efecto de las respuestas. Se pide determinar para cada escenario:

- Los enlaces donde se creará el cuello de botella principal.
- Cual será el o los mecanismos que regulan la velocidad efectiva de las estaciones.
- La velocidad efectiva que conseguirán las estaciones activas.
 - Solo están activas las estaciones de la VLAN1 que transmiten datos al servidor S1.
 - Solo están activas las estaciones de las VLAN1 y VLAN2 que transmiten datos al servidor S1.
 - Solo están activas las estaciones de las VLAN3 que transmiten datos de igual manera a los servidores S1 y S2.
 - Mismo caso que el anterior pero ahora los servidores S1 y S2 también transmiten a las estaciones.
 - Las estaciones de las VLAN1 y VLAN2 transmiten a un servidor de Internet.

Solución

A.

- Los cuellos de botella son los hubs.
- El CSMA/CD de las estaciones controla y reparte los 80 Mbps de cada hub.
- Las 10 estaciones de cada hub se reparten equitativamente los 80 Mbps, por lo tanto $80/10 = 8$ Mbps.

B.

- El cuello de botella principal es el enlace de trunk entre SW1 y R1.
- El SW1 hace control de flujo con tramas de pausa y reparte los 1000 Mbps entre SW2 y SW3.
- Entre SW2 y SW1 habrá 500 Mbps que los hubs y APs se reparten equitativamente $500/11=45.5$ Mbps. Las 10 estaciones de cada hub tendrá $45.5/10 = 4.55$ Mbps. Las estaciones de cada AP tendrá $45.5/10 = 4.55$ Mbps. Entre SW3 y SW1 habrá 500 Mbps que los hubs y APs se reparten equitativamente $500/16=31.25$ Mbps. Las 10 estaciones de cada hub tendrá $31.25/10 = 3.125$ Mbps. Las estaciones de cada AP tendrá $31.25/5 = 6.25$ Mbps.

C.

- El cuello de botella es la conexión host-switch.
- No hay control de flujo porque no hay cuello de botella. El TCP de las estaciones hará que cada estación transmita la mitad del tiempo a S1 y la otra mitad a S2.
- Todos los enlaces son FDX y las estaciones y servidores pertenecen a la misma VLAN. Las 10 estaciones transmiten a 100 Mbps (50 Mbps hacia cada servidor); SW4 transmite a SW1 a 1000 Mbps; los servidores recibirán a 500 Mbps cada uno.

D.

Como todos los enlaces son FDX y servidores y estaciones pertenecen a la misma VLAN, los dos sentidos de transmisión se pueden tratar de manera separada. Para el sentido estaciones - servidores vale lo que ya determinado en el punto 3.C. Para el sentido servidores - estaciones:

- El cuello de botella es SW1.
- SW1 hace control de flujo hacia los servidores enviando tramas de pausa para repartir los 1000 Mbps del enlace SW1-SW4 entre S1 y S2.
- Cada servidor transmite a 500 Mbps. A la salida del SW1 habrá 1000 Mbps que luego se reparten entre las 10 estaciones que irán a $1000/10 = 100$ Mbps.

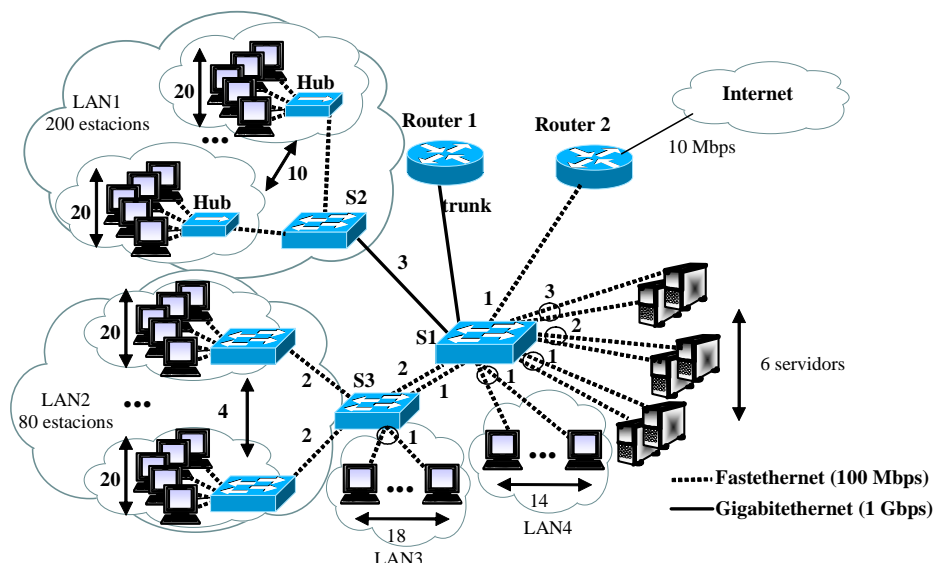
E.

(i) El cuello de botella es la conexión a Internet de 50 Mbps

(ii) Si todas las estaciones son iguales, las pérdidas en el buffer del router R1 regulan las ventanas de congestión de los hosts (es decir actúa TCP) y los 50 Mbps se reparten equitativamente entre las estaciones.

(iii) Cada estación irán a $50 \text{ Mbps} / (6 \times 10 + 5 \times 10 + 6 \times 10 + 10 \times 5) = 227.3 \text{ kbps}$.

Problema 4.



La xarxa de la figura està formada per 312 estacions i 6 servidors. S'han configurat 3 VLANs. Els números que hi ha en els ports dels commutadors indiquen a quina VLAN pertanyen. Tots els ports on és possible tenen capacitat full dúplex. Tots els enllaços son Fastethernet, excepte l'enllaç S1-S2 i S1-Router1 que són Gigabitethernet i l'enllaç amb Internet que és de 10 Mbps en ambdós sentits. L'eficiència màxima dels Hubs és del 80%. Suposa totes les estacions fan servir un tipus d'aplicació que: (i) fa servir connexions TCP (ii) pot accedir simultàniament a més d'un servidor, (iii) sempre té informació llesta per transmetre i rebre dels servidors, (iv) en mitjana rep i envia la mateixa quantitat de tràfic.

Contesta per als escenaris que es donen a continuació (Justifica les teves respostes i comenta les suposicions que facis):

(a) Els enllaços on hi haurà els colls d'ampolla.

(b) La velocitat efectiva agregada que aconsegueix enviar una estació de cada LAN (és a dir, la suma de les velocitats efectives enviades a tots els servidors als que accedeix). Fes servir la notació $v_{ef}^1, \dots, v_{ef}^4$, per referir-te a la velocitat efectiva d'una estació de la LAN1,...LAN4.

(c) Quins seran els mecanismes que regularan la velocitat efectiva de les estacions?

A. Totes les estacions accedeixen simultàniament a tots els servidors que hi ha en la seva VLAN.

B. Suposa (només per aquest apartat) que tots els servidors estan en la VLAN1, i que totes les estacions accedeixen simultàniament a tots els servidors.

C. Suposa que totes les estacions accedeixen a servidors que hi ha en Internet.

Solució

A)

(a)

- VLAN1: Té estacions en les LANs 3 i 4. En total poden enviar tràfic per $1 + 14$ enllaços fastethernet cap al switch S1, que ho ha de distribuir entre 2 enllaços fastethernet (on hi ha els 2 servidors). Deduïm doncs, que el coll d'ampolla seran els enllaços entre el switch S1 i els servidors, amb una capacitat de 200 Mbps.
- VLAN2: Té totes les estacions en la LAN 2. El switch S3 només disposa d'un enllaç fastethernet per enviar tot el tràfic cap el switch S1. S1, en canvi, distribueix el tràfic entre 2 enllaços fastethernet (on hi ha els 2 servidors). Deduïm doncs, que el coll d'ampolla serà l'enllaç entre el switch S3 i el switch S1, amb una capacitat de 100 Mbps.
- VLAN3: Té totes les estacions en la LAN 1. El switch S2 disposa d'un enllaç gigabitethernet per enviar tot el tràfic cap el switch S1. S1, en canvi, distribueix el tràfic entre 2 enllaços fastethernet (on hi ha els 2 servidors). Deduïm doncs, que el coll d'ampolla seran els enllaços entre el switch S1 i els servidors, amb una capacitat de 200 Mbps. També ho podrien ser els hubs, comprovem que no és així: La capacitat disponible cap als servidors és de 200 Mbps FD, que es reparteix entre els 10 hubs, és a dir, $2 \times 200 / 10 = 40 \text{ Mbps}$ per cada hub (hem multiplicat per 2 perquè l'aplicació envia la mateixa quantitat de tràfic en ambdues direccions). Com que és inferior a la capacitat màxima que suporten els hubs (80 Mbps), els hubs no seran coll d'ampolla.

(b)

- LAN1: Les estacions es reparteixen equitativament els 200 Mbps del coll d'ampolla, per tant: $v_{ef}^1 = 200 \text{ Mbps}/200 \text{ est} = 1 \text{ Mbps}$.
- LAN2: Les estacions es reparteixen equitativament els 100 Mbps del coll d'ampolla, per tant: $v_{ef}^2 = 100 \text{ Mbps}/80 \text{ est} = 1,25 \text{ Mbps}$.
- LAN3: Els 200 Mbps del coll d'ampolla dels servidors de la VLAN1 es reparteixen entre els 15 enllaços del switch S1 que hi accedeixen. Un d'ells és l'enllaç que es repartirà equitativament entre les 18 estacions de la LAN3. Per tant: $v_{ef}^3 = (200 \text{ Mbps}/15 \text{ enllaços})/18 \text{ est} = 0,74 \text{ Mbps}$.
- LAN4: Els 200 Mbps del coll d'ampolla dels servidors de la VLAN1 es reparteixen entre els 15 enllaços dels switch S1 que hi accedeixen. 14 d'aquests enllaços corresponen a les estacions de la LAN4. Per tant: $v_{ef}^4 = 200 \text{ Mbps}/15 \text{ enllaços} = 13,3 \text{ Mbps}$.

(c)

El switch S1 enviarà trames de pausa per els ports de les VLANs 1 i 3 d'on arriba tràfic cap els servidors (donat que els ports cap els servidors d'aquestes VLANs estaran congestionats). A la vegada, el switch S2 enviarà un senyal de jabber cap els hubs, i el switch S3 enviarà trames de pausa cap els hosts de la LAN3. En el cas de la VLAN2 el port congestionat és el que connecta el switch S3 amb S1. Per tant, S3 enviarà trames de pausa cap els switches on hi ha les estacions de la VLAN2, que a la vegada envaran trames de pausa cap els hosts.

B)

(a)

- Clarament, sembla que el coll d'ampolla per totes les VLANs seran els enllaços entre el switch S1 i els servidors, amb una capacitat de 600 Mbps. Això és perquè el tràfic que poden enviar totes les estacions cap a S1 supera de molt els 600 Mbps. Després de contestar l'apartat (b) podem comprovar que no hi hagi cap altre enllaç més restrictiu (els hubs o el trunk).

(b) i (c)

El switch S1 repartirà equitativament els 600 Mbps per tots el enllaços que hi envien tràfic: 15 d'on arriba tràfic de la VLAN1, més el trunk d'on arriba tràfic de les altres 2 VLANs: 16 enllaços en total. Cadascun d'aquests enllaços disposarà, doncs, de $600 \text{ Mbps} / 16 \text{ enllaços} = 37,5 \text{ Mbps}$.

Com que el router no fa control de flux (el router 1 no enviarà trames de pausa cap el switch S1), la velocitat efectiva de les estacions de les VLANs 2 i 3 les regularà TCP. El que passarà (aproximadament), és que en el buffer de transmissió del router 1 cap al switch S1, hi haurà els segments que haurà permès enviar la finestra de transmissió de TCP de totes les connexions que passen per el router 1. El router 1 anirà enviant alternativament aquest segments, i en mitjana, les connexions es repartiran equitativament la capacitat d'aquest enllaç. Per els enllaços on hi ha les estacions de la VLAN1, els switches faran el mateix control de flux que s'ha explicat en l'apartat 2.A.

Per tant:

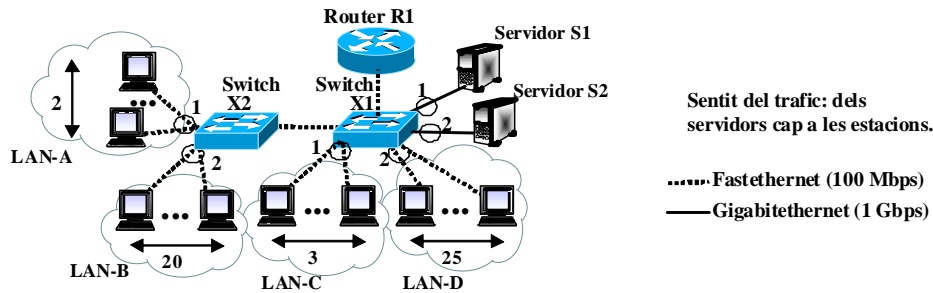
- LAN1 i LAN2: Hi ha les estacions de les VLANs 3 i 2, respectivament, que passen per el router 1. Per tant: $v_{ef}^1 = v_{ef}^2 = 37,5 \text{ Mbps}/280 \text{ est} = 0,13 \text{ Mbps}$. Podem comprovar que cap dels enllaços per on passa aquest tràfic introdueix una restricció més forta. Per exemple, en els hubs hi haurà $2 \times 20 \times 0,13 = 5,2 \text{ Mbps}$, molt inferior als 80 Mbps que suporten els hubs.
- LAN3: Les estacions es reparteixen equitativament els 37,5 Mbps, per tant: $v_{ef}^3 = 37,5 \text{ Mbps}/18 \text{ est} = 2,1 \text{ Mbps}$.
- LAN4: Les estacions estan en la VLAN1 i connectades directament al switch S1. Per tant: $v_{ef}^4 = 37,5 \text{ Mbps}$.

C)

(a), (b) i (c)

- Clarament, el coll d'ampolla per totes les estacions serà l'enllaç del router 2 amb Internet. A més, per els mateixos motius que s'ha explicat abans, TCP farà que es reparteixi equitativament entre totes les estacions. Per tant: $v_{ef}^1 = v_{ef}^2 = v_{ef}^3 = v_{ef}^4 = 10 \text{ Mbps}/312 \text{ est} = 0,032 \text{ Mbps} = 32 \text{ kbps}$.

Problema 5.



La xarxa de la figura està formada per 50 estacions i 2 servidors. S'han configurat 2 VLANs. Els números que hi ha en els ports dels commutadors indiquen a quina VLAN pertanyen. Tots els ports són full dúplex. Tots els enllaços són fast Ethernet, excepte els enllaços amb els servidors, que són gigabit Ethernet. L'eficiència és del 100%. Suposa que totes les estacions fan servir un tipus d'aplicació que obre una connexió TCP i es descarrega informació des del servidor. Suposa que el control de flux dels commutadors està activat i funciona de forma òptima (podeu assumir que per un mateix port es capaç de controlar diferents fluxos de manera diferenciada). Contesta per als escenaris que es donen a continuació:

- Els enllaços on hi haurà els colls d'ampolla.
 - La velocitat efectiva que aconsegueix una estació de cada LAN. Fes servir la notació $v_{ef}^A, \dots, v_{ef}^D$, per referir-te a la velocitat efectiva d'una estació de la LAN-A, ... LAN-D.
- Totes les estacions accedeixen simultàniament al servidor que hi ha en la seva VLAN.
 - Repeteix l'apartat A suposant que l'enllaç X1-X2 és gigabit Ethernet. Digués també quin serà el tràfic que passa per l'enllaç X1-X2.
 - Repeteix l'apartat A suposant que es desactiva el control de flux dels commutadors.
 - Repeteix l'apartat A suposant que les estacions accedeixen al servidor que no està en la seva mateixa VLAN (és a dir, les estacions connectades a la VLAN1 accedeixen al servidor S2 i viceversa).

Solució:

A

- Clarament, l'enllaç X1-X2 serà un CA. També ho serà l'enllaç X1-S2. L'enllaç amb el servidor S1 no serà un CA perquè només hi ha 5 estacions en la VLAN1. Com que estan connectades a un port FE, no poden congestionar l'enllaç GE amb el servidor. Per a les estacions en la VLAN1 connectades a X1, els enllaços amb el commutador seran el CA.
- Suposo que el CF repartirà equitativament la capacitat de l'enllaç X1-X2 entre els enllaços que hi envien tràfic (S1 i S2). Suposo que TCP repartirà la capacitat que queda disponible en l'enllaç X1-S2 entre les connexions amb les estacions de la LAN-D. Per tant:

$$\begin{aligned} v_{ef}^A &= (100 \text{ Mbps}/2)/2 = 25 \text{ Mbps} \\ v_{ef}^B &= (100 \text{ Mbps}/2)/20 = 2,5 \text{ Mbps} \\ v_{ef}^C &= 100 \text{ Mbps} \\ v_{ef}^D &= (1 \text{ Gbps} - 50 \text{ Mbps})/25 = 38 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

B

- Per les estacions de la VLAN1 el CA és la connexió amb el commutador, i per les estacions de la VLAN2 és l'enllaç X1-X2.
- TCP repartirà l'enllaç X1-X2 equitativament entre les connexions. Per tant:

$$\begin{aligned} v_{ef}^A &= v_{ef}^C = 100 \text{ Mbps} \\ v_{ef}^B &= v_{ef}^D = 1 \text{ Gbps}/45 = 22,2 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

El tràfic en l'enllaç X1-X2 serà: $= v_{ef}^{X1-X2} = 2 \times v_{ef}^A + 20 \times v_{ef}^B = 644 \text{ Mbps}$ (comprovem que no és un CA).

C

- Els CAs són els mateixos que en A.
- Ara TCP repartirà la capacitat de l'enllaç X1-X2 equitativament entre les connexions que el travessen:

$$\begin{aligned} v_{ef}^A &= v_{ef}^B = (100 \text{ Mbps}) / 22 = 4,5 \text{ Mbps} \\ v_{ef}^C &= 100 \text{ Mbps} \\ v_{ef}^D &= (1 \text{ Gbps} - 20 \times v_{ef}^B)/25 = 36,4 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

D

- El CA serà l'enllaç X1-R1.
- El commutador X1 activarà el control de flux i repartirà la capacitat de l'enllaç X1-R1 entre els servidors: 50 Mbps a cadascun.

TCP repartirà equitativament en tràfic de cada servidor cap el commutador entre totes les connexions que el fan servir:

$$\begin{aligned} v_{ef}^A &= v_{ef}^C = (50 \text{ Mbps}) / 5 = 10 \text{ Mbps} \\ v_{ef}^B &= v_{ef}^D = (50 \text{ Mbps}) / 45 = 1,1 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Problema 6. (2014p)

La figura 1 mostra la configuració de la xarxa local d'una petita empresa. La connexió a Internet es fa per cable a 20 Mbps. El commutador Ethernet 1 (sw1) té totes les interfícies a 100 Mbps i un enllaç d'1 Gbps cap a sw2. El commutador 2 (sw2) té totes les interfícies a 1 Gbps.

Cada punt d'accés WiFi (AP) és de 300 Mbps i l'accés WiFi té un rendiment del 70%. A cada un dels 5 AP hi ha connectats 10 portàtils. A cada un dels 5 commutadors (C1, C2 ... C5) hi ha 10 terminals connectats amb Fast Ethernet (100 Mbps). Els servidors A i B estan connectats a sw1 a 100 Mbps.

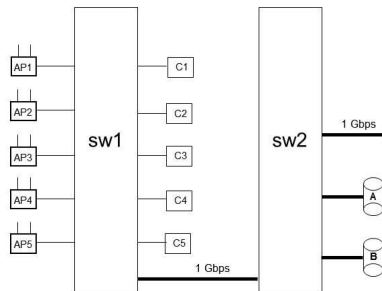


Figura 1

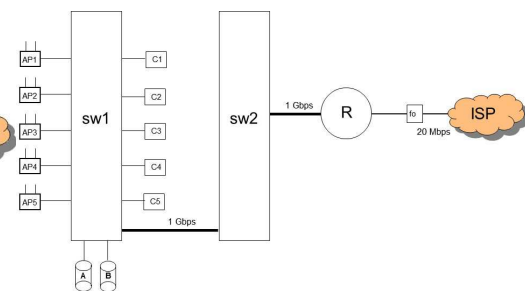


Figura 2

a) Suposem que tots els terminals i tots els portàtils estan descarregant de forma continua informació dels dos servidors a la vegada.

Quina és la velocitat de descàrrega que tindrà cada terminal i cada portàtil?

Per tal de millorar el rendiment es proposa traslladar els servidors A i B al commutador sw2 i connectar-los a 1 Gbps tal com mostra la figura 2.

b) En aquest cas, quina serà la velocitat de descàrrega? Explica com actua el control del flux per justificar la resposta.

Per tal d'aïllar els departaments es proposa configurar dues sub-xarxes diferents amb dues VLAN.

La VLAN1 inclou AP1, AP2, C1, C2, C3 i el servidor A. La VLAN2 inclou AP3, AP4, AP5, C4, C5 i el servidor B.

Tots els terminals i tots els portàtils estan descarregant de forma continua informació dels dos servidors a la vegada.

c) Identifica els colls d'ampolla i com actua el control del flux. Quina serà la velocitat de descàrrega des de A i des de B a cada terminal i portàtil a cada VLAN?

d) Si a més de les descàrregues anteriors tots els terminals i portàtils descarreguen informació des d'Internet, quina és la velocitat de descàrrega que poden obtenir?

Solució

a)

Els punts d'accés (AP) proporcionen una connexió de $300 \text{ Mbps} \times 70\% = 210 \text{ Mbps}$ a cada portàtil.

Com sempre descarreguem des dels servidors la velocitat ve limitada per l'enllaç de 100 Mbps a sw1.

Cada servidor divideix la seva capacitat per 10 enviant 10 Mbps a cada port dels AP i dels C. Cada port rep en total 20 Mbps.

Els enllaços són de 100 Mbps i no hi ha control de flux.

Cada terminal i cada portàtil rebrà 1 Mbps de cada un dels servidors A i B; en total 2 Mbps.

b) L'enllaç entre sw1 i sw2 es reparteix a 500 Mbps per a cada servidor.

Els 500 Mbps es reparteixen entre els 10 ports. Cada port rep 50 Mbps d'A i 50 Mbps de B.

Cada terminal i portàtil rebrà 5 Mbps d'A i 5 Mbps de B. En total 10 Mbps.

c) L'enllaç trunk entre sw1 i sw2 reparteix la seva capacitat en tres: A, B i R, és a dir 333.33 Mbps .

Els terminals a la mateixa VLAN es reparteixen els 333.33 Mbps entre 5 i entre els 10 terminals: $333.33/50=6.66 \text{ Mbps}$.

El port del router reparteix els 333.33 Mbps entre les dues VLAN.

Els terminals de la VLAN1 reben 6.66 Mbps d'A i 3.33 Mbps de B. En total 10 Mbps però repartits de forma diferent per VLAN.

Els terminals de la VLAN2 reben 3.33 Mbps d'A i 6.66 Mbps de B. En total 10 Mbps però repartits de forma diferent per VLAN.

d) Hi ha un total de 100 terminals que competeixen pels 333 Mbps que pot enviar R cap a sw1. A cada un li toca 3.33 Mbps .

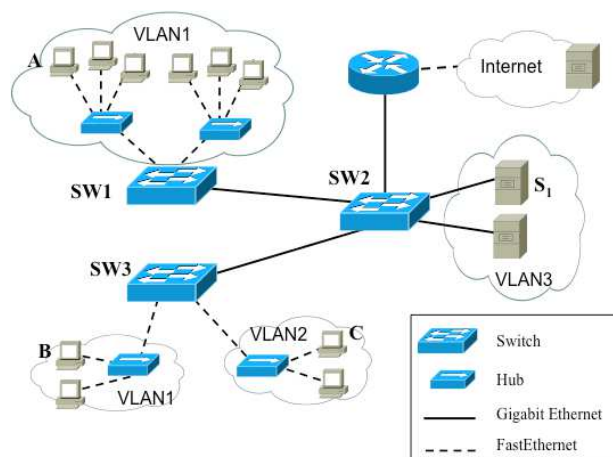
D'aquests $20 \text{ Mbps}/100$ venen de fora i la resta (3.13 Mbps) de l'altra VLAN.

Els terminals de la VLAN1 reben 6.66 Mbps d'A, 3.13 Mbps de B i 0.2 Mbps de fora.

Els terminals de la VLAN2 reben 3.13 Mbps d'A, 6.66 Mbps de B i 0.2 Mbps de fora.

Problema 7. (2014t-c3)

La xarxa de la figura mostra 10 estacions de treball connectades a Fast Ethernet (100Mbps) mitjançant hubs Fast Ethernet, commutadors Ethernet interconnectats a 1Gbps (enllaços SW1-SW2, SW2-SW3, SW2-Router) i dos servidors connectats a 1 Gbps. Els hubs tenen un rendiment del 80% i els commutadors del 100%. Els equips de treball i els servidors estan agrupats en xarxes VLAN tal com es mostra a la figura. La connexió externa a Internet és a 100Mbps. Justifica breument les respostes.



Escenari 1. Totes les estacions de la VLAN1 transmeten a la màxima velocitat i de forma sostinguda cap al servidor S1.

Determinar la velocitat de cada una de les estacions A (V_{iA-S1}), de les estacions B (V_{iB-S1}) i el tràfic total que arriba al servidor S1 (V_{iAB-S1}).

Indicar com actua el control del flux.

Escenari 2. Al tràfic anterior (escenari 1) s'afegeix el tràfic des de S1 cap a totes les estacions de les VLAN1 i VLAN2 a la màxima velocitat i de forma sostinguda.

Per a cada una de les estacions A, determinar la velocitat de transmissió cap a S1 (V_{iA-S1}), la velocitat de recepció des de S1 (V_{iS1-A}). El mateix per a les estacions B i C: (V_{iB-S1}), (V_{iS1-B}), (V_{iC-S1}) i (V_{iS1-C}). Calcular el tràfic total que arriba al servidor S1 ($V_{iABC-S1}$) i el tràfic que surt de S1 ($V_{iS1-ABC}$).

Indicar com actua el control del flux.

Escenari 3. Totes les estacions de les VLAN1 i VLAN 2 transmeten de forma sostinguda cap a S1 i els dos servidors descarreguen informació d'Internet a la màxima velocitat possible.

Calcular V_{iA-S1} , V_{iB-S1} , V_{iC-S1} , $V_{iABC-S1}$ i la velocitat de descàrrega dels servidors S1 (V_{iI-S1}) i S2 (V_{iI-S2}).

Indicar com actua el control del flux.

Escenari 4. Totes les estacions de les VLAN1 i VLAN2 transmeten de forma sostinguda cap a un servidor extern situat a Internet.

Calcular la velocitat de transmissió cada una de les estacions cap a Internet V_{iA-I} , V_{iB-I} , V_{iC-I} , i el tràfic total cap a Internet, V_{iABC-I} . Indicar com actua el control del flux.

Escenari 5. En el cas ideal en que podem posar tantes estacions com sigui necessari per omplir al màxim els enllaços troncal i que totes les estacions transmeten de forma sostinguda cap als servidors de la VLAN3, determinar:

a) Tràfic màxim cap a S1 per l'enllaç SW2-R, per l'enllaç SW1-SW2 i per l'enllaç SW3-SW2.

b) Tràfic màxim cap a S2 per l'enllaç SW2-R, per l'enllaç SW1-SW2 i per l'enllaç SW3-SW2.

Si les estacions de treball de la VLAN1 són només les de la figura, determinar:

c) Tràfic cap a S1 per l'enllaç SW1-SW2 i per l'enllaç SW3-SW2.

d) Tràfic cap a S2 per l'enllaç SW1-SW2 i per l'enllaç SW3-SW2.

e) Quin és el nombre màxim d'estacions de treball que podem posar a la VLAN2 agrupades en 2 estacions per hub?

Solució**Escenari 1**

Rendiment dels hubs 80%: enllaços hub-commutador a 80Mbps.

$V_{iA-S1} = 80/3 = 26'66\text{Mbps}$

$V_{iB-S1} = 80/2 = 40\text{Mbps}$

$V_{iAB-S1} = 80+80+80 = 240\text{Mbps}$. Només actua el control del flux als hubs.

Escenari 2

Hi ha tràfic en ambdues direccions. Un hub es comporta com un bus compartit i reparteix la seva capacitat entre tots els ports.

Hubs A: tenen 4 ports: $80/4 = 20\text{Mbps}$ per port (no importa la direcció de transmissió)

$V_{iA-S1} = 20\text{Mbps}$. $V_{iS1-A} = 20/3 = 6'66\text{Mbps}$. El tràfic que arriba del servidor S1 es reparteix pels 3 ports.

Hub B: té 3 ports: $80/3 = 26'66\text{Mbps}$ per port. $V_{iB-S1} = 26'66\text{Mbps}$. $V_{iS1-B} = 26'66/2 = 13'33\text{Mbps}$.

Hub C: només rep des de S1 ja que les estacions no transmeten. $V_{iC-S1} = 0$. $V_{iS1-C} = 80/2 = 40\text{Mbps}$.

$V_{iABC-S1} = 60+60$ des de A + $53'33$ des de B = $173'33\text{Mbps}$.

$V_{iS1-ABC} = 20+20$ cap a A + $26'66$ cap a B + 80 cap a C = $146'66\text{Mbps}$.

Control del flux als hubs i als commutadors en el sentit de transmissió de S1 cap a les estacions (trames d'espera).

Escenari 3

$V_{iA-S1} = 26'66\text{Mbps}$; $V_{iB-S1} = 40\text{Mbps}$; $V_{iC-S1} = 40\text{Mbps}$.

$V_{iABC-S1} = 80+80\text{ de A} + 80\text{ de B} + 80\text{ de C} = 320\text{Mbps}$.

Des de Internet només poden descarregar 100Mbps que es reparteixen entre S1 i S2: $V_{iI-S1} = V_{iI-S2} = 50\text{Mbps}$.

A l'enllaç SW2-R no hi ha congestió en cap dels dos sentits.

Només actua el control del flux als hubs.

El router repeteix la capacitat d'accés a Internet (100Mbps) entre les dues connexions TCP dels servidors S1 i S2.

Escenari 4

El coll d'ampolla és l'enllaç cap a Internet. El router repartirà la capacitat (100Mbps) entre totes les connexions TCP.

Com hi ha 10 estacions, $100/10=10\text{Mbps}$ per a cada estació.

$V_{iA-I} = V_{iB-I} = V_{iC-I} = 10\text{Mbps}$. $V_{iABC-I} = 100\text{Mbps}$.

El tràfic és tan petit que no actua el control de flux ni als hubs ni als commutadors.

Escenari 5

a)

La capacitat de l'enllaç SW2-R es reparteix entre els dos ports dels servidors: SW2-R per a S1 = 500Mbps.

El commutador SW2 reparteix aquesta capacitat entre el dos ports de SW1 i SW3:

SW1-SW2 per a S1 = SW3-SW2 per a S1 = 250Mbps.

b)

Ídem. SW2-R per a S2 = 500Mbps. SW1-SW2 per a S2 = SW3-SW2 per a S2 = 250Mbps.

c)

Si només hi ha les estacions de la VLAN1 de la figura, l'ocupació de SW1-SW2 cap a S1 és $40+40=80\text{Mbps}$.

A l'enllaç SW3-SW2, la VLAN1 només ocupa 40Mbps cap a S1; en queden disponibles 210.

En total la VLAN 2 pot ocupar els $170 + 210 = 380\text{Mbps}$ cap a S1.

d)

Ídem. El tràfic per a S2 ocupa 80Mbps de SW1-SW2 i 40Mbps de SW3-SW2. La VLAN2 pot ocupar 380Mbps cap a S2.

e)

La VLAN2 pot usar $380+380=760\text{Mbps}$ amb tràfic cap a S1 i S2.

Cada hub amb 2 estacions genera 80Mbps. Nombre de hubs que es poden posar: $760/80=9'5$.

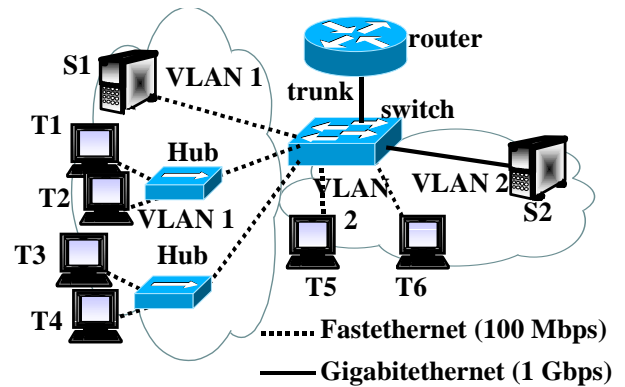
Podem posar un total de 9 hubs amb 2 estacions; és a dir 18 estacions a la VLAN2 i generaran un total de 720Mbps.

Problema 8. (2012t)

Tenemos la configuración de la figura, donde hay 6 terminales PC (identificados de T1 a T6), 2 servidores S1 y S2, 1 switch, 2 Hubs y un Router.

T1 y T2, al igual que T3 y T4, están conectados a sendos Hubs que a su vez están conectados al switch, todo a 100 Mbps. Las máquinas T1 a T4 junto a S1 forman la VLAN1.

Por otro lado, T5 y T6 están conectados directamente al switch, también a 100 Mbps, mientras que S1 y S2 están conectados al switch a diferentes velocidades: S1 a 100 Mbps y S2 a 1 Gbps. T5, T6 y S2 forman la VLAN2. Finalmente, el Router se conecta al switch con un port de trunk a 1Gbps. El Router da salida a Internet a 50 Mbps. Considerar que la eficiencia de los Hubs es del 80% y la del switch del 100%.



- Si T1, T3, T4 y T5 envían a la vez a S2, respectivamente, 600, 800, 400 y 600 MBytes, ¿cuánto se tardará en hacer todas las transferencias? ¿Qué terminal habrá conseguido una velocidad efectiva mayor?
- Si todos los terminales T1 a T6 y S2 envían datos de forma continua a la máxima velocidad posible hacia S1, ¿qué velocidad efectiva conseguirán cada uno de ellos? ¿deberá el switch realizar algún tipo de control de flujo?
- Si todos los terminales y servidores envían datos de forma continua a la máxima velocidad posible hacia Internet, ¿cuál será ahora velocidad efectiva que conseguirán T1, S1 y S2?

Solución

A. T1 puede enviar a 80 Mbps (está sólo en su Hub) y T5 a 100 Mbps. Sin embargo, T3 y T4 deben compartir el Hub, por lo que se repartirán los 80 Mbps hasta que el primero acabe. S2 puede aceptar el tráfico total de 80+80+100. El hecho de que T1, T3 y T4 no estén en la VLAN2 no afecta, pues el trunk tampoco será cuello de botella.

T4 es quien menos datos ha de enviar, por lo que acabará antes que T3. En concreto, $t_4 = 400 \cdot 8 / 40 = 80s$. En esos 80 segundos T3 habrá enviado también 400 MB. Para los 400 que quedan, necesitará $400 \cdot 8 / 80 = 40$ segundos, por lo que su tiempo total será de $t_3 = 80 + 40 = 120s$.

Los otros tiempos serán $t_1 = 600 \cdot 8 / 80 = 60s$ y $t_5 = 600 \cdot 8 / 100 = 48s$. [Nota: No olvidar pasar los Bytes a bits.]

Claramente, la mayor velocidad será la de T5, pues es el único que va a su velocidad máxima (100 Mbps).

B. S1 sólo admite 100 Mbps, mientras que pueden enviarle: T1+T2 y T3+T4 80 Mbps cada hub, T5 y T6 100 Mbps y S2 1 Gbps. Las diferentes VLANs no es problema, pues el trunk es de 1 Gbps.

El port del switch de salida hacia S1 recibe de 3 ports: Hub T1+T2, Hub T3+T4 y trunk (por donde viene el tráfico de T5, T6 y S2, pues al ser de la VLAN2 han de pasar por el Router para ir a S1, de la VLAN1).

Por tanto, los 100 Mbps que puede recibir S1 se reparten entre dichos 3 ports (33,3 Mbps cada uno). En los dos ports con Hub, el tráfico se divide entre los 2 terminales de cada Hub ($33,3/2 = 16,65$) y en el port de trunk se reparte equitativamente entre T5, T6 y S2 ($33,3/3 = 11,1$). [Nota: No hemos de aplicar el 80% de eficiencia del hub pues estamos por debajo de los 80 Mbps de velocidad máxima.]

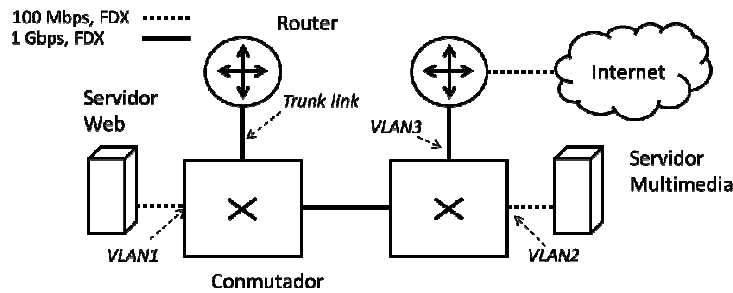
Es decir, las velocidades efectivas serán: $T1=T2=T3=T4=16,65$ Mbps y $T5=T6=S2=11,1$ Mbps.

Habrà control de flujo. El switch usará tramas de pausa por los ports síncronos (T5, T6 y S2) y tramas de jabber por los dos hubs.

C. El trunk intentará enviar 1Gbps, pero el Router no podrá (por la limitación de la salida a Internet de sólo 50 Mbps). Por tanto, el control deberá hacerlo TCP para cada una de las conexiones de las máquinas de esta red con la máquina externa a la que se conecten. Es decir, las 8 conexiones (T1 a T6 y S1 a S2) se repartirán los 50 Mbps, correspondiendo $(50/8) 6,25$ Mbps para cada máquina (está por debajo de cualquier otra limitación posible). [Nota: No es correcto hacer el reparto de tráfico a nivel de ports del switch ni a nivel de VLANs.]

Problema 9. (2013t-c3)

Vuestra empresa sirve los vídeos desde un servidor Multimedia que se aloja en la misma red en que se aloja el servidor Web desde donde se sirve la página web de la empresa, según se muestra en la figura. La red se ha organizado en 3 VLANs, con un enlace troncal (*trunk link*) que las interconecta.



- 1) Suponiendo que la página web tiene un tamaño de 4KB y que los vídeos tienen un tamaño de 3 MB, ¿Cuál sería la caudal de tráfico (velocidad eficaz) que tendríamos en el trunk link si en la hora de máxima utilización se recibe 1 petición de descarga por segundo y se sirven 100 visitas a la página web por segundo?
- 2) Si se mantiene la proporción de que por cada 100 las visitas a la página Web se recibe una petición de descarga de vídeo, decir cuál sería el cuello de botella del sistema, y cuántas visitas a la página web por segundo se podrían soportar como máximo. ¿Qué mecanismo limitaría la máxima velocidad de transferencia de los vídeos del servidor Multimedia?

Solución

1)

El servidor Web esta en VLAN1, mientras que el servidor Multimedia esta en VLAN2. La salida a Internet se hace por VLAN3.

Esto implica que tanto las peticiones de descarga de video como las visitas a la página Web atraviesan el trunk link en ambos sentidos.

Las peticiones de descarga generan: 3MBps = 24 Mbps

Las visitas a la página Web generan: 100x4KBps = 0.4 MBps = 3.2 Mbps

Por lo tanto el caudal de tráfico en ambos sentidos del trunk link es de 3.4 MBps = 27.2 Mbps

2)

Del apartado anterior, deducimos que V visitas/segundo a la página Web generan en media un tráfico de:

Vx0.272 Mbps en los trunk links (Router-Conmutador, y Conmutador-Conmutador), en el enlace Router de salida-Conmutador y en la salida a Internet.

Vx0.240 Mbps en el enlace Servidor MM – Conmutador

Vx0.072 Mbps en el enlace Servidor Web-Conmutador

El enlace que se saturará primero es el de la salida a Internet (100Mbps), para un valor de $V = 100 \text{ Mbps} / 0.272 \text{ Mbps} = 367$ Peticiones/segundo.

La congestión se dará en los buffers del router de salida a Internet y será controlada por el mecanismo de control de congestión de TCP.

TEMA Protocol TCP

Problema 1.

Dada la siguiente captura parcial TCP entre dos entidades de aplicación, identificadas con los números de Port 3287 (la llamaremos A) y 2043 (la llamaremos B):

Tiempo	Origen	Destino	Flags	Núm. secuencia ... (Tamaño)
0.000000	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	S 401040:401040(0)	win 5792 <mss 1448>
0.100374	147.83.39.20.2043	> 200.1.10.5.3287:	S 906442:906442(0)	ack 401041 win 11584 <mss 1448>
0.100483	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. ack 1 win 5792	
1	2.100850	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. 11025:12473(1448)
2	2.201934	147.83.39.20.2043	> 200.1.10.5.3287:	. ack 11025
3	2.202032	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. 12473:13921(1448)
4	2.202074	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. 13921:15369(1448)
5	2.303513	147.83.39.20.2043	> 200.1.10.5.3287:	. ack 11025
6	2.692975	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. 11025: 12473(1448)
7	2.794419	147.83.39.20.2043	> 200.1.10.5.3287:	. ack 13921
8	2.794503	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. 13921:15369(1448)
9	2.795749	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	P 15369:16145(776)
10	2.896720	147.83.39.20.2043	> 200.1.10.5.3287:	. ack 13921
11	3.252974	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. 13921:15369(1448)
12	3.354419	147.83.39.20.2043	> 200.1.10.5.3287:	. ack 16145
13	3.354519	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. 16145:17593(1448)
14	3.354561	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. 17593:19041(1448)
15	3.454561	147.83.39.20.2043	> 200.1.10.5.3287:	. ack 17593
16	3.454835	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	FP 19041:20241(1200)
17	4.044446	147.83.39.20.2043	> 200.1.10.5.3287:	. ack 19041
18	4.044555	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	FP 19041:20241(1200)
19	4.145837	147.83.39.20.2043	> 200.1.10.5.3287:	F 1:1(0) ack 20242
20	4.145940	200.1.10.5.3287	> 147.83.39.20.2043:	. ack 2

Tenemos tres envíos iniciales no numerados y, después de un tiempo, la secuencia de envíos numerados del 1 al 20, con la que se finaliza la conexión.

- ¿Corresponde esta secuencia a alguna aplicación conocida? La aplicación A envía información a B, pero ¿B envía algo a A? ¿Cuántos octetos envía A exactamente?
- ¿En cuál de las dos máquinas (A o B) se ha hecho la captura? Identificar 3 mecanismos para poder averiguarlo, y cuál(es) se ha(n) podido utilizar aquí.
- Teniendo en cuenta la información disponible, ¿Cuánto vale aproximadamente el RTT? ¿Cuál es la velocidad efectiva real? ¿Qué velocidad efectiva máxima podríamos alcanzar si A fuese a enviar a B un fichero muy grande? ¿Qué ha de ocurrir para poder alcanzar esa velocidad?
- Dibujar la evolución en el tiempo de la ventana de congestión durante toda la secuencia (del 1 al 20), indicando las fases del algoritmo SS/CA. ¿Hay alguna anomalía en la evolución de la ventana?
- Si después del envío 13 aún quedasen por enviar 30408 octetos y no hubiese más pérdidas, dibujar la nueva evolución de la ventana real hasta el inicio de la desconexión.

Solución:

a) ¿Corresponde esta secuencia a alguna aplicación conocida? No, ninguno de los ports está por debajo de 1024. La aplicación A envía información a B, pero ¿B envía algo a A? No, el último ACK que envía A es 2, lo que significa que B sólo ha enviado el SYN y el FIN, pero no datos. ¿Cuántos octetos envía A exactamente? 20240.

b) ¿En cuál de las dos máquinas (A o B) se ha hecho la captura?

En A. Justificación a continuación (3).

Identificar 3 mecanismos para poder averiguarlo,

1) Tiempos: En función de los tiempos entre dos segmentos consecutivos podemos saber dónde estamos. Tiempos muy pequeños implican que estamos en el lado de quien envía el segundo. Si el tiempo es mayor (del orden de un RTT, no un tiempo de CPU), será lo contrario.

2) Pérdidas/Repeticiones: Si se ven repeticiones es que ha habido pérdidas y estamos por tanto en el lado de quien repite.

3) Direcciones privadas: Si vemos una dirección privada es que estamos en esa máquina.

Los 2 primeros. Los tiempos se ven muy claramente en el establecimiento de conexión, pues entre el SYN y el SYN/ACK hay un RTT, mientras que entre el SYN/ACK y el ACK hay un tiempo mucho menor (de CPU). Si la captura fuese en B, el tiempo pequeño sería entre los dos primeros segmentos. El mecanismo de Pérdidas/Repeticiones también se puede aplicar, pues al verse segmentos de datos enviados más de una vez, quiere decir que estamos en el lado de quien envía. El tercer mecanismo no aplica, ya que no aparece ninguna dirección privada.

c)

Teniendo en cuenta la información disponible, a) ¿Cuánto vale aproximadamente el RTT?

100 milisegundos. Se puede ver en varios sitios, por ejemplo entre el primer y segundo segmento de la conexión o entre los envíos 11 y 12 o 13 y 15.

¿Cuál es la velocidad efectiva real?

Envía 20241 octetos (como se ve en el envío 18) de los cuales 20240 son datos, en un tiempo aproximado $t = 4.15$ (instante de recepción del último ACK de datos) - 0.1 (tiempo del inicio del envío de datos; justo después del ACK de la conexión) = 4,05 segundos. Por tanto, la Vef real es $V_{ef} = 20240 \cdot 8 / 4,05 = 40.000$ bps, aproximadamente.

¿Qué velocidad efectiva máxima podríamos alcanzar si A fuese a enviar a B un fichero muy grande?

Se enviará la ventana en régimen permanente (la venta anunciada) en un RTT; es decir, $V_{max} = 11584 \cdot 8 / 0.1 = 926720$ bps.

¿Qué ha de ocurrir para poder alcanzar esa velocidad?

Que no haya pérdidas.

d)

Dibujar la evolución en el tiempo de la ventana de congestión durante toda la secuencia (del 1 al 20), indicando las fases del algoritmo SS/CA.

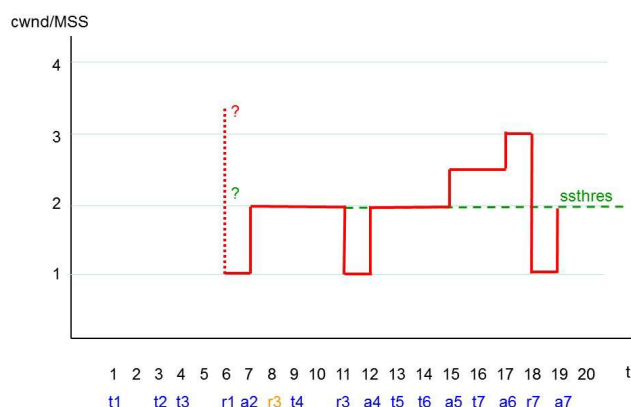
La primera información correcta que tenemos de la ventana real empieza en el intercambio 6, cuando hay la primera retransmisión y la Vc baja a 1 MSS. Cuando se recibe el ACK en 7, Vc sube a 2. La ventana no vuelve a subir, pues no hay más ACKs nuevos, hasta que vuelve a haber una retransmisión en 11, donde por tanto la ventana vuelve a bajar a 1. Sube de nuevo a 2 al llegar el ACK en 12. En este caso, sabemos que hemos llegado al umbral (pues hemos caído desde una ventana de $V_c = 2$ y el umbral mínimo es 2 MSS), por lo que entramos en la fase de Congestion Avoidance. El nuevo ACK en 15 hace incrementar Vc a 2.5, y el ACK en 17 a 3, pero la nueva retransmisión en 18 lo hace caer de nuevo a 1. Se queda en 2 para el ACK final de 19.

¿Hay alguna anomalía en la evolución de la ventana? No.

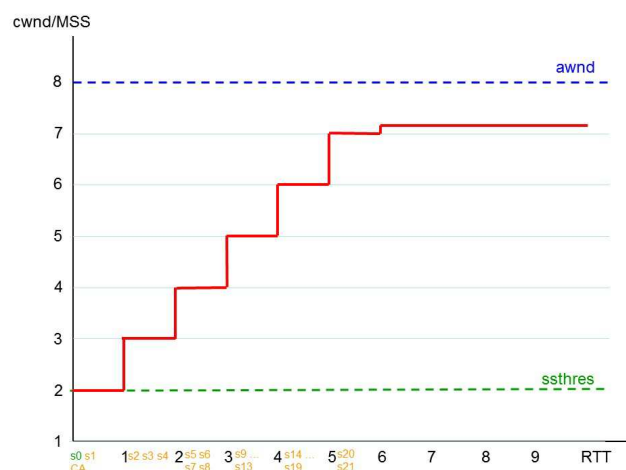
e)

Si después del envío 13 aún quedasen por enviar 30408 octetos y no hubiese más pérdidas, dibujar la nueva evolución de la ventana real hasta el inicio de la desconexión.

30408 octetos corresponden a $30408/1448 = 21$ MSS. Antes del envío 13 teníamos $V_c = 2$ y acabábamos de entrar en la fase de CA. La Va es de $11584 / 1448 = 8$ MSS. Después del 13 habrá un nuevo envío y al recibir los 2 ACKs tenemos $V_c = 3$ (estamos en CA). A partir de ahí, cada RTT la Vc irá aumentando de 1 en 1 cuando se reciban los ACKs de la ventana anterior, es decir, 3, 4, 5, 6 (en este momento ya habremos enviado, después del envío 13, $1+3+4+5+6=19$ MSS y nos quedarán 2 hasta los 21, lo que llevará a una ventana final de $V_c=7+2/7$ (no habremos llegado a la Va).



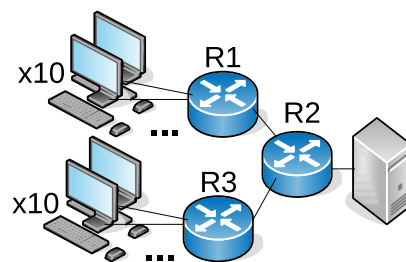
d)



e)

Problema 2.

En la xarxa de la figura hi ha 20 PCs (10 connectats a R1 i 10 connectats a R3) que envien dades al servidor, cadascun amb una connexió TCP i a la màxima velocitat que els hi permet la xarxa. Suposa el següent per a respondre les preguntes: (1) tots els enllaços són de 10 Mbps; (2) els routers tenen una memòria de 2 MB ($2 \cdot 10^6$ bytes) que pot emmagatzemar tots els datagrames pendents de transmetre (i es descarten els datagrames que arriben si s'esgota la memòria); (3) tots els sockets TCP dels PCs i del servidor tenen un buffer de recepció de 60 kB; (4) suposa per simplicitat que la mida de les capçaleres TCP i IP és 0 i MSS és 1500 B; (5) els retards en els enllaços és 0; (6) els acks transmesos per el servidor no es perden mai i arriben immediatament als PCs; TCP sempre envia ack quan rep dades, només implementa SS/CA i és el més eficient possible (és a dir, els ack s'envien immediatament, el temps de procés és 0, etc.); (7) les connexions estan en règim permanent, és a dir, fa molt temps que s'han establert les connexions. Justifica breument les respostes.



- Digues quina és la velocitat efectiva (*throughput*), v_{ef} , que aconseguirà cada connexió TCP.
- Digues quina serà la finestra anunciada, $awnd$. Farà falta fer servir l'opció window scale?
- Raona quina serà, aproximadament, l'ocupació dels buffers dels Routers R1, R2 i R3. Digues quants bytes hi haurà aproximadament en cada buffer. Es produiran pèrdues?
- Calcula quin serà aproximadament el RTT que tindrà cada connexió TCP.
- Suposa ara (i per els següents apartats) que en mitjana es desitja tenir un RTT que, aproximadament, no superi els 600 ms. Per aconseguir-ho es redueix la mida dels buffers del routers. Quina hauria de ser la mida del buffer que s'hauria de configurar en R1, R2 i R3 per aconseguir-ho? Suposa que només es canvia la mida del buffer en els routers on sigui necessari.
- Digues si amb el buffers de l'apartat anterior es produiran pèrdues. Quina serà ara velocitat efectiva (v_{ef}) (*throughput*) que aconseguirà cada connexió TCP?
- Calcula quina serà ara, en mitjana, la finestra que farà servir cada connexió TCP (W). Suposa que, en mitjana, en cada RTT cada connexió TCP envia un nombre de bytes igual a la finestra mitjana, W .
- Fes un esbós de l'evolució de la finestra de congestió ($cwnd$) de TCP que es correspongui amb les condicions dels apartats anteriors. Suposa que l'evolució de la $cwnd$ és periòdica, i dibuixa'n un període. Indica en el dibuix quan estarà en slow start (SS) i congestion avoidance (CA). Calcula què valdrà el slow start threshold ($ssth$) i el valor màxim que tindrà $cwnd$ ($cwnd_{max}$) en cada període. Calcula $ssth$ i $cwnd_{max}$ perquè la velocitat efectiva i finestra mitjana siguin les calculades en els apartats anteriors. Per aquest càlcul, suposa que el temps en SS és molt més petit que en CA.
- Calcula la duració, aproximada, d'un període (T) de l'esbós de l'apartat anterior.

Solució:

A.

El coll d'ampolla serà l'enllaç R2-servidor. Es repartirà equitativament entre els PCs, per tant:

$$v_{ef} = 10\text{Mbps} / 20 = 0,5\text{Mbps}$$

B.

Serà la mida del buffer de TCP: 60KB.

No cal WS doncs és inferior a 2^{16}

C.

En R1 i R3 en mitjana surten 5Mbps. Com que tenen capacitat per enviar 10Mbps (el doble del que envien), els buffers estaran buits.

R2 és el coll d'ampolla, doncs pot rebre fins a 20Mbps, però només pot enviar-ne 10Mbps. Per tant, el seu buffer s'omplirà amb les finestres de les connexions TCP: Aproximadament: $20 \cdot 60\text{kB} = 1,2 \text{ MB}$.

Com no hi ha pèrdues, el control de flux regula el throughput.

D.

El temps d'espera en la cua de R2: $1,2\text{MB} / 10\text{Mbps} = 1,2 \cdot 8 / 10 = 0,96 \text{ s}$

E.

R1 i R3 no afecten. Es poden deixar els 2MB.

En R2:

Volem que el temps d'espera en la cua no superi els 600ms.

És a dir que sigui, aproximadament:

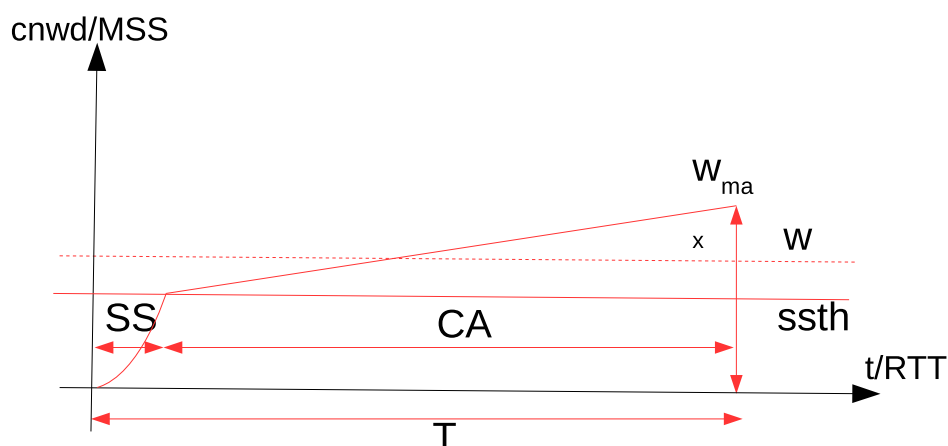
$$B / 10\text{Mbps} = 600\text{ms}, \text{ d'on } B = 10 \cdot 600 / 8 = 750 \text{ kB}$$

F.

Ara si que hi haurà pèrdues, doncs les finestres de les 20 connexions (1,2MB) superen en escriure la mida de la cua del router. La velocitat eficaç (0,5 Mbps), no canvia, doncs els 10Mbps es continuen repartint entre totes les connexions TCP.

G.

El buffer de R2 es repartirà en mitjana entre les connexions, per tant: $W=750\text{KB}/20=37,5\text{KB}$
També es pot raonar així: La velocitat eficaç serà la finestra mitjana partit per l'RTT, per tant:
 $W=v_{ef} \cdot RTT = 0,5 \cdot 600 / 8 = 37,5\text{KB}$
H.



Tenim:

$$ssth = W_{max}/2$$

D'altra banda, del dibuix tenim:

$$W = (ssth + W_{max})/2$$

$$\text{Substituint } ssth = W_{max}/2: W = W_{max}/2 + W_{max}/4 = W_{max} \cdot 3/4$$

$$\text{Com que } W = 37,5 \text{ kB tenim que } W_{max} = 4/3 \cdot W = 4/3 \cdot 37,5 = 50 \text{ kB i } ssth = 50/2 = 25\text{kB}$$

I.

Durant CA la finestra augmenta $25\text{kB}/1,5\text{kB}=16,7$ segments (doncs cada segment són 1500 B).

Com que durant CA la finestra augmenta aproximadament 1 segment per cada RTT, això vol dir que han passat 16,7 RTTs aproximadament. És a dir $T = 16,7 \cdot RTT = 16,7 \cdot 0,6 \text{ s} = 10 \text{ s}$

Problema 3.

Tenim un sistema que connecta dos terminals connectats a un concentrador (hub) Ethernet 100BaseT. El client envia dades al servidor de forma contínua (e.g. envia un fitxer molt gran). Suposa que algun dels terminals no suporta window-scale; que la seva capacitat de procés (CPU, disc dur, etc.) és infinita; els buffers TCP són de 64 kB; que la probabilitat d'error es nul·la ($P_e=0$):

- quina és la velocitat eficaç que assolirà la transmissió? (suposa que la mida dels ACK és negligible).
- quin factor de TCP (finestra de congestió/advertida) governarà la transmissió?
- digues quins són tots els buffers implicats en la transmissió TCP, i digues quina serà la seva ocupació.
- suposa que el servidor té un disc que no és de velocitat infinita, si no que és de 50 Mbps. Quina serà la velocitat eficaç la que funcionarà la transmissió?
- ara quin factor (finestra de congestió/advertida) governarà aquesta velocitat?
- digues quina serà l'ocupació dels buffers.
- en aquestes arquitectura i condicions (apartats d i e) ¿És possible que la velocitat eficaç estigui governada per la finestra de congestió? raona-ho.
- Substituïm el hub per un router (i fem les correccions necessàries en els terminals, en quan a adreces, etc.), és a dir, que tenim únicament dos terminals connectats a un router per dos ports diferents, ara de 100BaseT FDX. suposant que mantenim el disc de (d) a 50 Mbps, digues quina seria la velocitat eficaç de la transmissió.
- digues quins són ara els buffers que afecten la transmissió TCP, i digues quina serà la seva ocupació.
- Suposa que la latència entre client i servidor (inclòs router i LANs) és de 10 ms. No es perd cap paquet mai. Quin és l'MSS?
- fes el diagrama de seqüència de la fase de connexió del client al servidor. Suposa que ens connectem al servei CHARGEN (port 19 de TCP) del servidor (el CHARGEN respon amb dades infinites de forma immediata a la connexió). Indica quan temps passa des de que el client fa connect fins que rep el primer byte de dades.
- Suposa que el client talla la connexió al servei CHARGEN quan ha rebut 1 MB. Quan talla la connexió el client? (en ms)

Solució:

a)

Si suposem que l'eficiència de trama i altres PDU, i la del MAC és del 100%, la velocitat vindrà limitada per al velocitat de transmissió: per tant 100 Mbps

b)

(A) l'únic factor limitant és la xarxa, per tant cap de les dues finestres limitarà la v_{ef} , ja que cap de les dues entrarà en acció.

(B) cap entra en acció però la anunciada arriba a 64 kB, mentre que la de congestió tendeix a infinit amb el pas del temps (i l'absència de pèrdues). Per tant, l'anunciada,

c)

Els de transmissió i de recepció del client i els del servidor (el hub no té buffers de memòria).

Tots estaran buits menys el de transmissió del client, que estarà ple en règim permanent, ja que la seva velocitat de generació de dades és infinita, en canvi la xarxa buida el buffer a 100 Mbps

d)

Ara el factor limitant és el del disc del servidor, per tant, la velocitat eficaç s'ajustarà a 50 Mbps

e)

El servidor no pot assumir el que ofereix el client (transitoriament a 100 Mbps), per tant tancarà la finestra anunciada anant-la ajustant a la seva capacitat de procés: 50 Mbps

f)

Ara el buffer de recepció del servidor també estarà ple ja que el disc no el buidarà prou ràpid.

Per tant el buffer de transmissió del client, i el de recepció del servidor estaran plens. Els altres dos (de tornada) estaran ocupats només amb ACKs, i per tant virtualment buits.

g)

No estarà governada per la finestra de congestió mentre no hi hagi pèrdues. I no n'hi ha.

h)

El fet de fer servir FDX no afecta al resultat final ja que la transferència del fitxer és en un sentit.

El factor limitat segueix sent el disc del servidor, per tant la v_{ef} seguirà sent de 50 Mbps

i)

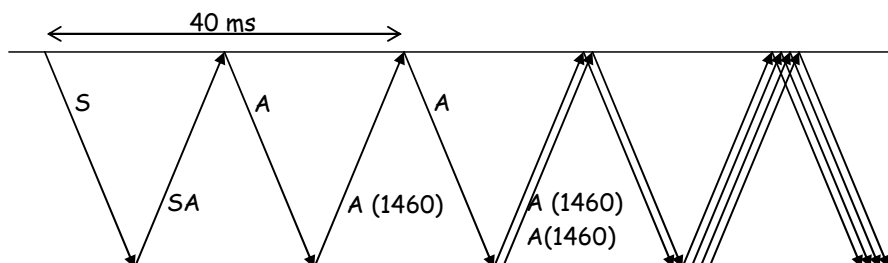
A part dels buffers de recepció i transmissió del client i del servidor tenim els buffers de sortida dels dos ports del router. Com que el servidor permet al client només una mitja de 50 Mbps, el router no és veu sotmès a un càrrega insostenible ja que el port de sortida podrà admetre tot el que rep del port d'entrada. Per tant, els seus buffers estaran bàsicament buits (tots dos).

En quant a client i servidor, l'estat dels buffers serà el mateix que a (f): el buffer de transmissió del client, i el de recepció del servidor estaran plens. Els altres dos (el de recepció del client i el de transmissió del servidor) estaran ocupats només amb ACKs, i per tant virtualment buits.

j)

$$MSS = MTU_{\text{Ethernet}} - H_{\text{TCP}} - H_{\text{IP}} = 1500 \text{ B} - 20 \text{ B} - 20 \text{ B} = 1460 \text{ B}$$

k)



I) (A) s'envien 64 kB a cada RTT. Cada RTT = $2 \cdot 10 \text{ ms} = 20 \text{ ms}$. Com per a enviar 1 MB necessitem:

$T_T = 1 \text{ MB} / 64 \text{ kB} \cdot RTT = 15,3 \text{ RTT}$ llavors $T_T = 15,3 \text{ RTT} = 15,3 \cdot 20 \text{ ms} = 0,3 \text{ s}$ (*)
(B) el càlcul anterior no té en compte que ens augmentarà una mica el temps total degut a que inicialment l'slow start ens afectarà al rendiment de la transferència. L'slow start es manté fins no la cwnd no arribi a 64 kB ò $64 \text{ kB} / 1460 \text{ B/MSS} = 44 \text{ MSS}$

La seqüència de trames serà: [1, 2, 4, 8, 16, 32], 44, 44... per tant els primers 6 RTT hauran enviat poc més del que en règim permanent s'envia en un de sol. Això dóna un total de (14+6) RTT = 0.4 s (*)

(*) si tenim en compte també la connexió, cal afegir els 30 ms de la fase d'establiment.

Problema 4.

Un PC es descarrega d'Internet una pàgina web de 14.600 bytes (10 segments de 1.460 bytes). Denotarem els segments per s_1, \dots, s_{10} , i els seus respectius acks com a_1, \dots, a_{10} . Suposar que: (i) La connexió TCP només fa servir Slow Start/Congestion Avoidance (SS/CA), (2) no es fa servir *delayed ack*, (3) l'RTT és de 200 ms (100 ms en cada sentit). Durant l'interval $500 \leq t \leq 900$ ms la línia d'accés s'interromp, de manera que tots els segments transmesos durant aquest interval es perden (no es perd cap segment transmès fora d'aquest interval). Completar la taula següent mostrant tots els segments transmesos fins que el servidor rep l' a_{10} . Seguir el següent conveni:

- La primera columna mostra els temps en intervals de 100 ms. L'origen de temps es l'instant de transmissió de s_l .
- La columna SS/CA mostra l'estat Slow Start/Congestion Avoidance de la finestra del servidor.
- La columna RTO (Retransmission Time Out) mostra el valor de l'RTO del servidor ens els instants que es reinicia.

TEMA Protocol TCP

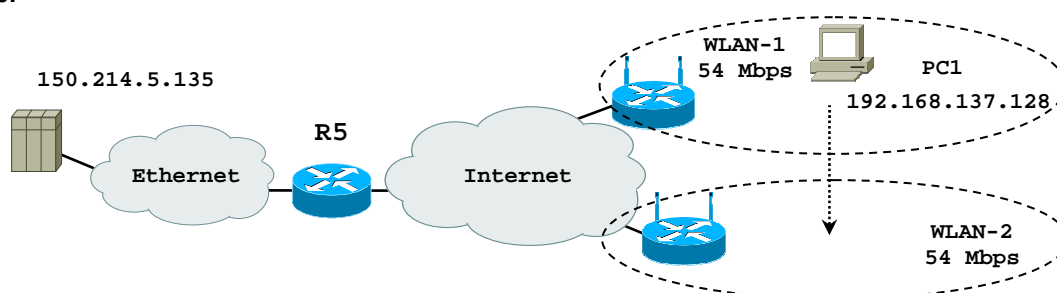
- Les columnes de ssthresh i cwnd donen el seu valor (en bytes i segments) mesurades al costat del servidor.
- La columna segment-ack mostra els segments (s_1, \dots, s_{10}) o acks (a_1, \dots, a_{10}) transmesos per el servidor/client. Notar que arriben a l'altre extrem en l'instant que mostra la fila següent.

$t/100$ ms	SS/ CA	RTO	ssthresh bytes	cwnd bytes	ssthresh /MSS	cwnd/ MSS	segment-ack transmesos
0	SS	RTT	∞	1460	∞	1	s_1
1							

Solució:

$t/100$ ms	SS/ CA	RTO	ssthresh bytes	cwnd bytes	ssthresh /MSS	cwnd/ MSS	segment-ack transmesos
0	SS	RTT	∞	1460	∞	1	s_1
1	"		"	"	"	"	a_1
2	"	"	"	2920	"	2	s_2, s_3
3	"		"	"	"	"	a_2, a_3
4	"	"	"	5840	"	4	s_4, s_5, s_6, s_7
5	"		"	"	"	"	a_4, a_5, a_6, a_7
6	"	2xRTT	2920	1460	2	1	s_4
7	"		"	"	"	"	
8	"		"	"	"	"	
9	"		"	"	"	"	
10	"	4xRTT	"	"	"	"	s_4
11	CA		"	"	"	"	a_7
12	"	RTT	"	2920	"	2	s_8, s_9
13	"		"	"	"	"	a_8, a_9
14	"	"	"	4234	"	2,9 (3)	s_{10}
15	"		"	"	"	"	a_{10}
16	"	"	"	4737	"	3,24 (3'33)	

Problema 5.



El PC1 està connectat a Internet a través de una red WLAN de 54 Mbps. Un servidor de vídeo està connectat a una red Ethernet de 10 Mbps. La velocitat de transmissió en internet és més gran que la de les dos xarxes locals. Tots els dispositius tenen una eficiència del 100% i els buffers del router i del access point són infinits. PC1 estableix una connexió TCP (l'opció *window scale* està desactivada) amb el servidor i es determina que el temps de propagació extrem a extrem és de 50 ms. Se pide lo siguiente:

- A. A partir de la següent captura i sabent que no hi ha pèrdues, determinar: 1) el MSS de la connexió servidor-PC1, 2) el mida de la finestra de transmissió una vegada terminat el transitori, 3) la velocitat efectiva i 4) quant temps se tarda aproximadament en completar la descàrrega del vídeo.

```

...
150.214.5.135.80 > 192.168.137.128.39599: P 726852531:726853991(1460) ack 1637 win 5240
192.168.137.128.39599 > 150.214.5.135.80: . ack 726853991 win 64240
150.214.5.135.80 > 192.168.137.128.39599: . 726853991:726855451(1460) ack 1637 win 5240
192.168.137.128.39599 > 150.214.5.135.80: . ack 726855451 win 64240
150.214.5.135.80 > 192.168.137.128.39599: . 726855451:726856911(1460) ack 1637 win 5240
192.168.137.128.39599 > 150.214.5.135.80: . ack 726856911 win 64240
150.214.5.135.80 > 192.168.137.128.39599: F 726856911:726857231(320) ack 1637 win 5240
192.168.137.128.39599 > 150.214.5.135.80: F 1637: 1637(0) ack 726857231 win 64240
150.214.5.135.80 > 192.168.137.128.39599: . ack 1638 win 5240

```

- B. Identificar si el volcado se ha capturado en el servidor o en el PC1.
- C. A partir de las condiciones del punto A, si en la red Ethernet hubieran otros 4 servidores transmitiendo a la vez hacia otros clientes, determinar la velocidad efectiva de la conexión servidor-PC1 y la duración aproximada de la descarga.
- D. A partir de las condiciones del punto A, si el *window scale* fuera activo con un factor de multiplicación de la ventana anunciada de 4, determinar la velocidad efectiva y la duración aproximada de la descarga.
- E. Suponer ahora que PC1 se mueve de la WLAN-1 a la WLAN-2. Durante esta transición, se pierden algunos segmentos. Sabiendo que PC1 hace el cambio de red cuando estaba en la mitad de la descarga y a su máxima velocidad, haz un gráfico que muestre la evolución de la ventana de transmisión (eje y: ventana de transmisión, eje x: tiempo) desde la transmisión del primer segmento en la nueva red hasta 1.5 segundos. Muestra claramente en el gráfico las fases de *slow-start* y *congestion-avoidance* y el valor del umbral *ssthresh*. Suponer que el temporizador RTO es de 200 ms.
- F. Haz un gráfico como el punto anterior pero ahora suponer que, en la WLAN-2, se pierde un segmento cada vez que la ventana de congestión llega a 23360 bytes.

Solución:

A.

MSS de 1460 bytes

wnd de 64240 bytes, 44 MSS (65536/1460 redondeado)

$v_{ef} = \min(v_t, w_{nd}/RTT) = \min(10\text{Mbps}, 64240 * 8 / (2 * 50\text{ms})) = 5.14\text{Mbps}$

Duración = 726857231 bytes * 8 / 5.14Mbps = 1131 s

B.

En el PC1 porque aparece la IP privada de PC1. Si fuera en el servidor público, PC1 debería tener una IP pública.

C.

En total en la red Ethernet hay 5 servidores transmitiendo; considerando que hay una eficiencia del 100%, eso hace que cada servidor puede transmitir durante un 20% del tiempo. Eso hace bajar la velocidad efectiva a

$v_{ef} = \min(v_t, w_{nd}/RTT) = \min(10\text{Mbps} * 20\%, 64240 * 8 / (2 * 50\text{ms})) = \min(2\text{Mbps}, 5.14\text{Mbps}) = 2\text{Mbps}$

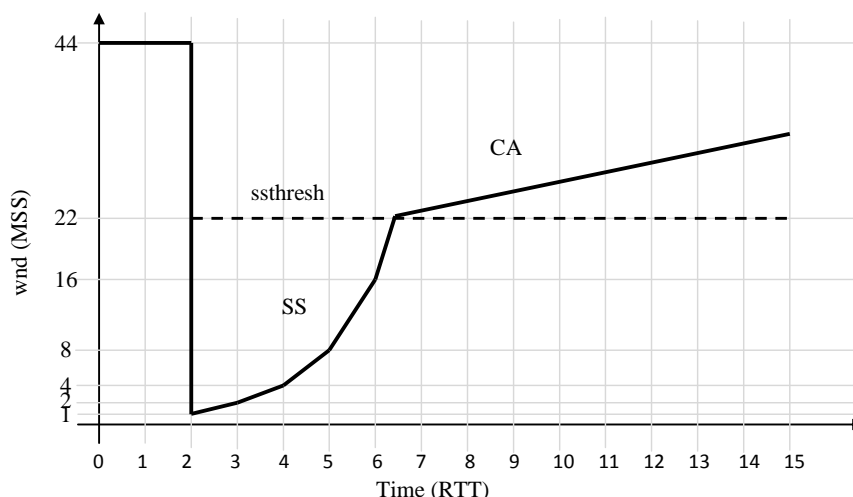
Duración = 726857231 bytes * 8 / 2Mbps = 2907 s

D.

$v_{ef} = \min(v_t, w_{nd} * 4/RTT) = \min(10\text{Mbps}, 64240 * 8 * 4 / (2 * 50\text{ms})) = \min(10\text{Mbps}, 20.5\text{Mbps}) = 10\text{Mbps}$

Duración = 726857231 bytes * 8 / 10 Mbps = 581 s

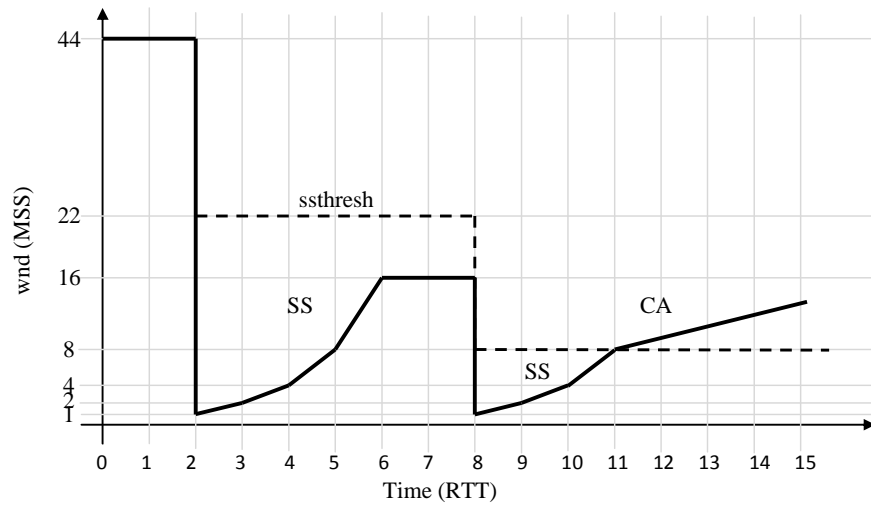
E.



F.

23360 bytes / 1460 bytes = 16 MSS

TEMA Protocol TCP



TEMA Aplicacions de Xarxa

Problema 1.

Volem enviar un correu electrònic des del domini *xc.com* a un usuari del domini *yahoo.com*. Imagina que tots els servidors de DNS del món (incloent locals i autoritatius) estan funcionant en mode recursiu (el funcionament normal és en mode iteratiu). En aquest escenari, respon les següents qüestions:

- Quants servidors DNS es veuran involucrats com a mínim en la resolució dels servidors de correu del destí si les caches de tots els DNS són buides?
- De quin tipus és cada servidor (local/autoritatiu)?
- Quin **registre de recurs** (RR) ens donarà la informació que busquem i quin servidor la contindrà?
- Quin servidor ens farà arribar el missatge final amb la resposta?

Solució:

a) Se verían involucrados 4 servidores. Habría dos resoluciones:

- El cliente de email a un **NS local xc.com** para resolver la IP de SMTP xc.com server.
- SMTP xc.com a un NS local xc.com (suponemos el mismo) para resolver la IP del servidor de correo del dominio yahoo.com.

En esta resolución el NS local xc.com enviaría el mensaje de resolución recursiva a un **root NS autoritativo**, que a su vez la enviaría a un **NS autoritativo del dominio .com** para finalmente enviarla a un **NS autoritativo del dominio yahoo.com**.

- respondido en a)
- MX (Mail eXchange)
- La respuesta con el registro MX enviada por el **NS autoritativo yahoo.com** pasará por todos los servidores indicados en a), hasta que el NS local xc.com se la envíe a SMTP xc.com.

Problema 2.

Volem enviar un correu electrònic des del domini *xc.com* a un usuari del domini *yahoo.com*. Quants servidors de correu intervindran en el procés des del moment en què iniciem l'enviament fins al moment en què el destinatari el llegeix? Quins protocols s'hi veuran involucrats?

Solució:

NS local y servidor SMTP del domini xc.com; DNS root server, authoritative NS .com, authoritative NS yahoo.com.
 Protocols: peticions a DNS són UDP, peticions client-SMTP o SMTP-SMTP són TCP

Problema 3.

Per què es fa servir el RTT com a mesura d'eficiència de molts protocols de xarxa enlloc de mesures de temps absolutes? Com intenta HTTP, a través de les seves versions, millorar aquesta eficiència? Quin d'aquests dos retards, propagació i transmissió, és el que es considera més important en aquesta intent de millora?

Solució:

L'eficiència d'un protocol de nivell aplicació depèn principalment de quants missatges necessitin intercanviar els equips que es comuniquen per tal d'arribar a l'objectiu per al qual el protocol és dissenyat. Com menys missatges hagin d'intercanviar, menys temps es necessitarà per arribar a aquest objectiu. Això és cert independentment de la capacitat de la tecnologia de xarxa que s'utilitzi. Per tant, per mesurar l'eficiència de molts protocols en que el nombre de missatges és el factor que domina el rendiment del protocol, es fa servir el Round Trip Time (RTT) com a mesura abstracta del temps que triga un missatge a anar d'un equip a l'altre.

En HTTP s'intenta millorar l'eficiència del protocol reduint el nombre de vegades que cal establir una connexió TCP entre els dos equips que es comuniquen. La creació i el tancament de cada connexió té un cost considerable en temps (de 2.5 a 4 RTT en la majoria dels casos), i per tant, reduir-ne el nombre té un efecte de rendiment notable.

En el model més bàsic de HTTP (per defecte a HTTP/1.0, model no persistent), cada interacció entre client i servidor (és a dir, una petició i una resposta) requereix un establiment i un tancament de connexió. En el model amb connexions persistent (per defecte a HTTP/1.1, model persistent), les connexions TCP sobreviuen a través dels intercanvis de missatges i per tant, s'estalvia el cost de crear i destruir connexions contínuament. Finalment, en el model persistent amb pipelining (opcional a HTTP/1.1) s'intenta que en un mateix intercanvi de missatge, petició i resposta, es puguin sol·licitar i retornar diferents recursos simultàniament. D'aquesta manera es redueix el nombre d'interaccions entre client i servidor i els RTTs associats.

En termes de protocols d'aplicació on els equips tot sovint intercanvien molts missatges petits, el temps de propagació domina el cost de la comunicació per sobre del temps de transmissió.

Problema 4.

Quins usos creus que són els més adequats per a enviar dades HTTP usant el mètode GET i quins per al mètode POST. Posa un exemple de cada cas, i remarca quina diferència hi ha entre els dos mètodes en quant a mode de transport de les dades. Com es decideix quin mètode usar? És a dir, què fa que s'usi l'un o l'altre? Ho tria l'usuari?

Solució:

El mètode GET és més adequat per a l'enviament de volums petits de dades cap al servidor (algunes variables d'un formulari HTML per exemple) ja que les dades s'envien com a part de la URL. El mètode POST és més adequat per a enviar volums de dades majors, especialment si són dades binàries codificades com a ASCII usant Base64. En el mètode POST, les dades s'envien dins del camp "Body" de la petició HTTP, i no en la URL com passa en el mètode GET.

El mètode es decideix a partir del document HTML que conté el formulari d'enviament de dades, que pot indicar que s'ha d'usar GET o POST. El navegador usarà el mètode indicant en l'esmentat formulari. L'usuari, en principi, no tria aquesta opció.

Problema 5.

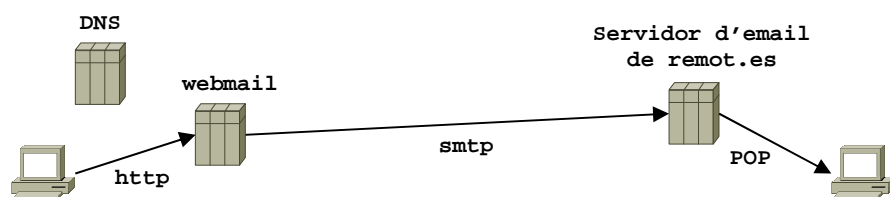
Un usuari de correu electrònic (usuari@origen.com) vol fer servir la seva aplicació de webmail per a enviar un missatge a un usuari d'un domini remot (usuari@remot.es). El webmail utilitza passarel·les per a comunicar el servidor HTTP amb els servidors de DNS i correu convencionals.

Donades aquestes dades, respon les següents preguntes:

- Quantes connexions TCP s'utilitzaran per a fer l'enviament del missatge, des del navegador del client i fins al servidor de correu del domini remot.es? Quin protocol de nivell aplicació transporta cada connexió? Indiqueu entre quines màquines es realitzarà la connexió.
- Quantes comunicacions UDP hi haurà assumint que les cache DNS estan buides a l'inici? Entre quins equips?

Solució:

a)



Hi ha dues connexions fins el servidor remot: http entre l'usuari i el servidor webmail, i smtp entre aquest i el servidor remot. Els protocols de nivell d'aplicació són http entre el navegador i webmail, i smtp entre webmail i el servidor remot.

b)

Hi haurà dues resolucions de nom: La del client, quan dóna la URL per connectar-se al servidor webmail, i la del servidor webmail per determinar el servidor de correu del domini remot (en la que demanarà un resource record del tipus MX).

Problema 6.

Explica com gestiona el nostre gestor de correu l'enviament d'un missatge en què hi ha 1 destinatari únic en el camp "To", un altre destinatari en el camp "CC" i un altre en el camp "BCC". Explica quines transaccions SMTP realitzarà el nostre gestor de correu, indicant-ne el valor de les comandes "MAIL FROM" i "RCPT TO". Explica també quines capçaleres (de les que es veuen afectades per l'ús de CC i BCC) rebran els destinataris del correu quan rebin el missatge formatat segons indica el RFC 822.

Solució:

Suposem que el destinatari del TO es "a@a.com", el del CC es "b@b.com" i el del BCC "c@c.com". L'originador del missatge és "d@d.edu".

Comandes:

MAIL FROM: d@d.edu

RCPT TO: a@a.com

DATA

To: a@a.com

Cc: b@b.com

...

MAIL FROM: d@d.edu

RCPT TO: b@b.com

```
DATA
To: a@a.com
Cc: b@b.com
...
MAIL FROM: d@d.edu
RCPT TO: c@c.com
DATA
To: a@a.com
Cc: b@b.com
[Bcc: c@c.com]
...
```

a@a.com i b@b.com no veuran la adreça c@c.com a la capçalera del missatge.
Per la seva banda, c@c.com veurà totes les adreces. Atenció: això depèn del client de correu.

Solució alternativa:

```
MAIL FROM: d@d.edu
RCPT TO: a@a.com
RCPT TO: b@b.com
RCPT TO: c@c.com
DATA
To: a@a.com
Cc: b@b.com
...
```

Problema 7.

Queremos enviar desde un host (h1.upc.edu) un mensaje de correo electrónico a x@y.org que incluya un texto breve de saludo en catalán o castellano y un documento en formato PDF. Suponer que nuestro servidor de correo es smtp.upc.edu. Considerar los hosts: (a) h1.upc.edu, (b) smtp.upc.edu, (c) dns.upc.edu, (d) dns.y.org. Suponer que todas la cachés de DNS están vacías.

a) Enumerar la secuencia de peticiones y respuestas DNS y SMTP enviadas y recibidas por h1.upc.edu para entregar el mensaje a smtp.upc.edu.

Destino	Protocolo	Descripción petición	Descripción respuesta
dns.upc.edu	DNS	Petición recursiva, registro A de b	Registro A de smtp.upc.edu
smtp.upc.edu	SMTP	HELO name	220 Respuesta OK (2XX)
smtp.upc.edu	SMTP	mail from: sender@upc.edu	250 Respuesta OK
smtp.upc.edu	SMTP	rcpt to: x@y.org	250 Respuesta OK
smtp.upc.edu	SMTP	data	354 Respuesta OK (3XX)
smtp.upc.edu	SMTP	<contenido del mensaje> \n.	250 Respuesta OK
smtp.upc.edu	SMTP	quit	221 Respuesta OK

b) Indica qué petición y respuestas DNS puede enviar y recibir smtp.upc.edu para decidir la entrega del mensaje al buzón del destinatario final.

Envía pregunta por el MX de y.org

Recibe el registro MX de y.org (nombre del servidor de correo) y el correspondiente registro A (dirección IP)

```
dig -t mx y.org
y.org. 14400 IN      MX      10 custmx.cscdns.net.
También los registros NS y A de y.org
```

c) Indica la estructura (cabeceras MIME) que forma el cuerpo del mensaje.

```
MIME-Version: 1.0
Content-Type: multipart/mixed; boundary="BB"

--BB
Content-Type: text/plain; charset=utf-8
Content-Transfer-Encoding: quoted-printable

Hola, aqu=C3=AD est=C3=A1 el doc.

--BB
Content-Type: application/pdf
Content-Transfer-Encoding: base64

JVBERi0xLjUKJbXtrvsKMyAwIG9iago8PCAvTGVuZ3RoIDQgMCBSCiAgIC9GaWx0ZXIgL0Zs...
```

d) Cómo sabe el receptor con qué juego de caracteres ha de presentar el texto del mensaje?

Por el atributo **charset** del tipo **text/plain**.

e) Qué protocolos puede utilizar el propietario del buzón x@y.org para leer el mensaje?

IMAP, POP o HTTP.

Problema 8.

Queremos enviar un mensaje de correo electrónico que incluya un objeto que contiene 3 bytes con valores 31 30 80 (base16). Recuerda que SMTP es un protocolo basado en texto. El objeto codificado en base64 resulta en las siguientes 4 letras: MTCA

a) Por qué la codificación base64 de un mensaje de 3 bytes resulta en 4 letras?

Por cada 6 bits base64 genera un carácter que ocupa un byte.

b) (0.5 puntos) Completa la codificación del mensaje MIME si se transfiere como image/png:

b) Completa la codificación del mensaje MIME si se transfiere como image/png:

Content-Type:	image/png
Content-Transfer-Encoding:	base64
Cuerpo del mensaje	MTCA

El objeto binario se envía convertido a texto en formato base64.

La codificación de esos tres bytes en el juego de caracteres ISO8859-15 corresponde a las 3 letras: 10€ (uno, cero, euro)

c) Completa la codificación del mensaje MIME si se transfiere como texto simple:

Content-Type:	text/plain; charset=ISO-8859-15
Content-Transfer-Encoding:	quoted-printable
Cuerpo del mensaje	10=80

El objeto textual (sin formato, plain) se envía convertido a texto en formato quoted-printable con los códigos del juego de caracteres (charset) seleccionado.

Problema 9.

En el navegador de un PC se accede a la página <http://a.org/>

Supongamos que el PC tiene vacías las cachés de DNS y HTTP/1.1 y una conexión a Internet rápida. Los servidores DNS están conectados junto a los servidores web de cada dominio. Suponer un navegador sencillo y con "HTTP pipelining" activado por defecto.

Indica el número total de RTTs (los consecutivos) a esperar para presentar la página completa en cada caso si el contenido de la página es (nota: el tag indica una imagen a incrustar, el resto de tags indican enlaces):

a) <html></html>

b) <html></html>

c) <html>a b</html>

d) <html> </html>

e) (sin pipelining) <html> </html>

f) <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?><image><src>http://b.org/i.jpg</src></image>

Indica para cada caso el número de RTTs que corresponden a DNS (UDP), TCP (conexión), HTTP.

Solució:

a) `<html></html>`

DNS a.org, TCP a.org, HTTP GET /, DNS b.org, TCP b.org, HTTP GET i.jpg

DNS 2, TCP 2, HTTP 2; total 6 RTT

b) `<html></html>`

DNS a.org, TCP a.org, HTTP GET /, HTTP GET i.jpg

DNS 1, TCP 1, HTTP 2; total 4 RTT

c) `<html>a b</html>`

DNS a.org, TCP a.org, HTTP GET /

DNS 1, TCP 1, HTTP 1; total 3 RTT

d) `<html> </html>`

DNS a.org, TCP a.org, HTTP GET /, HTTP GET i.jpg (pipelined con j.jpg y no suma)

DNS 1, TCP 1, HTTP 2; total 4

e) (sin pipelining) `<html> </html>`

DNS a.org, TCP a.org, HTTP GET /, HTTP GET i.jpg, HTTP GET j.jpg

DNS 1, TCP 1, HTTP 3; total 5 RTT

Si el cliente establece más de una conexión TCP en paralelo:

DNS a.org, TCP a.org, HTTP GET /, HTTP GET i.jpg y a la vez TCP a.org, HTTP GET j.jpg

DNS 1, TCP 1 (+1 pero solapado con HTTP), HTTP 3; total 5 RTT

f) `<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?><image><src>http://b.org/i.jpg</src></image>`

DNS a.org, TCP a.org, HTTP GET / = 3 (no hay que hacer nada más ya que es un XML, no HTML)

DNS 1, TCP 1, HTTP 1; total 3 RTT

Problema 10.

Un client web accedeix a la pàgina "www.serveiweb.org/index.htm". Aquesta pàgina conté una imatge de capçalera incrustada, tres imatges allotjades en un servidor extern, un anunci allotjat en un altre servidor i una imatge gran allotjada en el servidor d'imatges. Considera les dades següents:

Servidor DNS: RTT= 10ms; Suposa que utilitza UDP per fer les consultes al DNS

Servidor serveiweb.org: RTT= 30ms; conté la pàgina index.htm (cap en un segment de dades) i la imatge capçalera (1 segment de dades)

Servidor d'imatges: RTT= 50ms; conté tres imatges petites (1 segment/imatge) i una imatge gran (4 segments)

Servidor de l'anunci: RTT= 200ms; l'anunci (cap en 1 segment de dades)

Considera que s'utilitza HTTP persistent sense "pipelining", el client web només obre una connexió TCP a cada servidor, i que l'ordre en que es descarreguen els objectes és: 1) index.htm, 2) imatge capçalera, 3) les tres imatges petites, 4) l'anunci i 5) la imatge gran. Detalla la seqüència de transaccions (1 a 5) i el temps de cada una. No cal tenir en compte les desconnexions de TCP. Fes un petit diagrama de temps per a cada transacció.

Calcula el temps total de descàrrega de la pàgina. Indica les suposicions que facis.

Solució:

Pas 1: descarregar html de la pàgina Consulta DNS per serveiweb.org (UDP): RTT=10; Connexió TCP a www.serveiweb.org: RTT=30 HTTP GET index.htm: RTT=30

Pas 2: descarregar imatge de la capçalera HTTP GET imatge capçalera: RTT=30

Pas 3: imatges petites Consulta DNS pel servidor d'imatges: RTT=10 Connexió TCP: RTT=50 HTTP GET imatge1: RTT=50 HTTP GET imatge2: RTT=50 HTTP GET imatge3: RTT=50

Pas 4: anunci Consulta DNS pel servidor de l'anunci: 10 Connexió TCP al servidor: 200 Descarregar anunci: 200

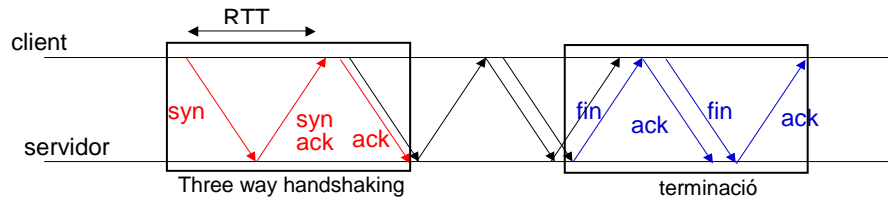
Pas 5: imatge gran Considerem que la connexió al servidor d'imatge encara està establerta i que la finestra és >=4 Descarrega imatge gran: RTT = 50

Temps total de descàrrega: 70 + 30 + 210 + 410 + 50 = 770 ms

Si els passos 3 i 4 es fan en paral·lel (ja que són connexions TCP amb servidors diferents), llavors el temps del pas 3 (210ms) queda absorbit pel pas 4 (410ms). La imatge gran (pas 5) es fa al final ja que funciona sense "pipelining" i es diu que fa la descàrrega després de l'anunci. El temps total de descàrrega seria: 70 + 30 + 410 + 50 = 560 ms.

Problema 11.

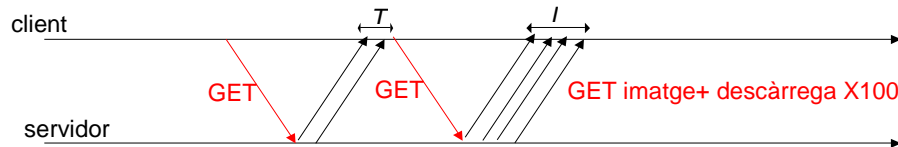
Imagina que un navegador es descarrega un document HTML que conté 100 imatges incrustades. Quantifica en RTTs la diferència que s'observaria entre usar HTTP sense persistència, HTTP amb persistència, i HTTP amb persistència i pipelining. Assumeix que el navegador mai obre més d'una connexió TCP en paral·lel amb el servidor.

Solució:

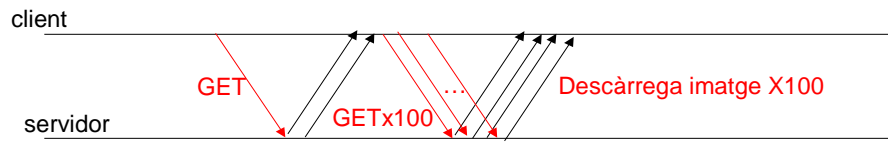
La duració del TWH és 1 RTT i terminació és aprox. 1,5 RTT (veure la figura anterior). Abans d'obrir una nova connexió TCP s'ha d'acabar l'anterior.

Sigui el temps de transmissió del document HTML T i el d'una imatge I . Sense persistència hi haurà 101 connexions TCP, amb persistència només 1.

Sense pipelining la transmissió serà del tipus:



Mentre que amb pipelining: (no es dibuixen els acks)



Per tant, el temps de transmissió serà (aproximadament):

Sense persistència: $T + 100 \times I + 101 \times 2.5 \text{ RTT} + 101 \times \text{RTT}$, on els $101 \times 2.5 \text{ RTT}$ són el TWH i terminació de les connexions TCP i el $101 \times \text{RTT}$ els 101 GETs. Anàlogament:

Amb persistència: $T + 100 \times I + 2.5 \text{ RTT} + 101 \times \text{RTT}$.

Amb persistència i pipelining: $T + 100 \times I + 2.5 \text{ RTT} + 2 \times \text{RTT}$.

Problema 12.

Algunas páginas web tienen imágenes grandes mientras otras páginas tienen imágenes pequeñas. ¿En qué caso es mejor usar conexiones HTTP persistentes, en comparación con establecer una nueva conexión por cada nueva petición HTTP?

Solució:

Una nueva conexión TCP implica un RTT adicional y su fase de slow-start. Una nueva conexión TCP/HTTP adicional proporciona un canal para obtener objetos en paralelo. Para objetos grandes va bien abrir una nueva conexión sin retrasar la llegada de objetos posteriores. Para objetos pequeños pueden ser conveniente establecer conexiones persistentes para ahorrar RTTs al crear nuevas.