

Facultat d'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 2025

Índex

Tema	Protocol IP	2
Tema	Xarxes d'Àrea Local	18
Tema	Protocol TCP.....	24
Tema	Aplicacions de Xarxa	32

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.

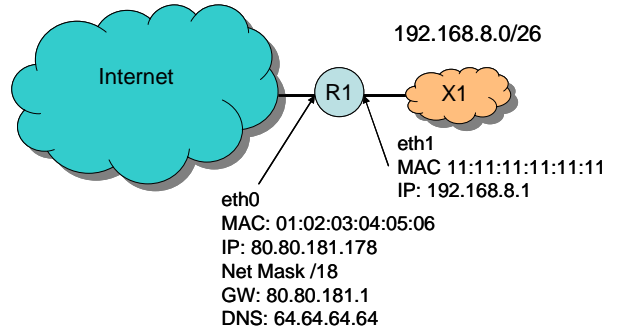
Sub-Xarxa	Sub-xarxa IP	Màscara /n	Nombre d'equips configurables	Adreça del router de la sub-xarxa
X1	192.168.8.0	/26		192.168.8.1
X2				
X3				

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

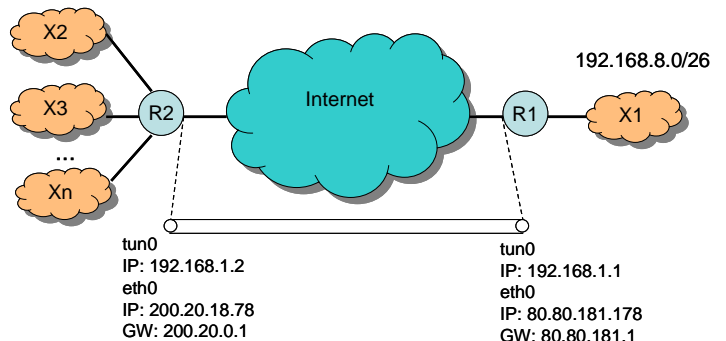
El router R1 està configurat per fer NAT ja que la sub-xarxa X1 té adreçament privat. A més, R1 és el servidor DHCP que permet configurar automàticament tots els terminals de la sub-xarxa X1. El terminal A de la sub-xarxa X1 executa la comanda "ping www.upc.edu". L'adreça IP del terminal A és 192.168.8.8, 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.

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	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

Destinació	Màsc	Router (IP gw)	Interf.
192.168.8.0 (X1)	26		eth1
192.168.1.0	30*		tun0
192.168.8.64 (X2)	26	192.168.1.2	tun0
192.168.8.128 (X3)	25	192.168.1.2	tun0
192.168.9.0 (X4)	24	192.168.1.2	tun0
192.168.10.0 (X5)	23	192.168.1.2	tun0
80.80.128.0	18		eth0
0.0.0.0	0	80.80.181.1	eth0

Router R2

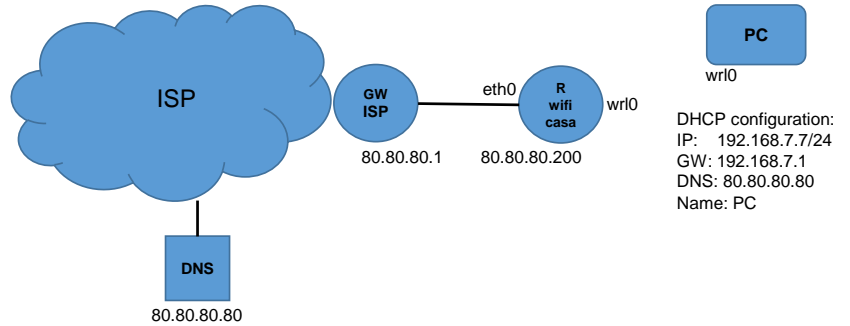
Destinació	Màsc	Router (IP gw)	Interf.
192.168.8.64 (X2)	26		eth1
192.168.8.128 (X3)	25		eth2
192.168.9.0 (X4)	24		eth3
192.168.10.0 (X5)	23		eth4
192.168.1.0	30*		tun0
192.168.8.0 (X1)	26	192.168.1.1	tun0
200.20.0.0	16**		eth0
0.0.0.0	0	200.20.0.1	eth0

* 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.

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**.

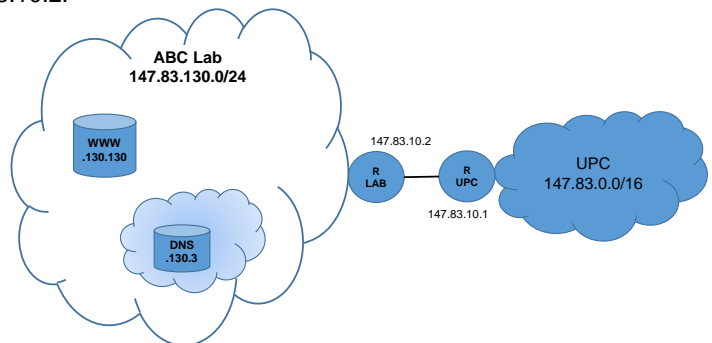
Suposa que el router fa temps que està funcionant. Cal tenir en compte que el router fa PNAT.

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	Message ARP	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	

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; 2³=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

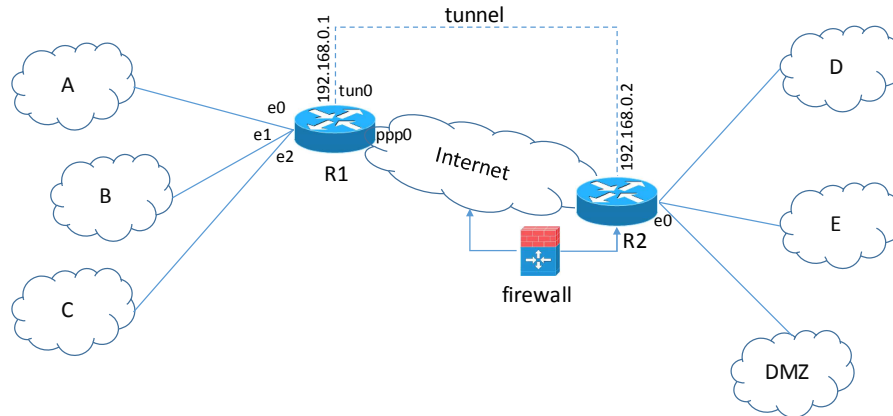
g)

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.

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 destinació	Port origen	Port destinació	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 destinació	Port origen	Port destinació	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)

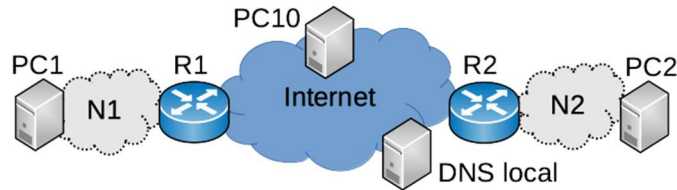
Adreça origen	Adreça destinació	Port origen	Port destinació	Acceptar/Denegar
212.13.14.17	any	80	any	Acceptar
212.13.14.18	any	25	any	Acceptar
DENEGAR TOT				

d)

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

Problema 4.

Suposeu la configuració següent:



Les xarxes N1 i N2 són de la mateixa organització O i estan unides per un túnel. En totes dues volem crear subxarxes usant el rang d'adreces privades 10.0.0.0/24. Per a la configuració del túnel es fa servir l'adreça 192.168.0.0/24. D'altra banda, les interfícies públiques dels Routers R1 i R2 tenen assignades les adreces 200.0.0.1/24 i 200.0.0.2/24, respectivament. El servidor DNS local de N1 i N2 té l'adreça 200.1.0.2 i PC10, que està fora de N1 i N2, té l'adreça 200.100.100.100.

1) Volem dissenyar un espai d'adreces per a totes les xarxes de l'organització O. En concret, volem que a N2 hi hagi una subxarxa que pugui tenir fins a 100 màquines, i que la resta d'adreces s'utilitzi per estructurar N1 en el màxim nombre possible de subxarxes.

1.1) Donar les adreces i màscares (en format "/n") de cadascuna de les subxarxes, tant de N1 com de N2. (Nota: Assignar les adreces amb números més baixos a les xarxes amb més màquines).

1.2) Quin és el nombre màxim de subxarxes que podem tenir a N1?

1.3) Quantes adreces quedaran sense poder assignar-se a cap màquina?

2) Amb les dades de què es disposa i fent les suposicions justificades que siguin necessàries, donar la taula d'encaminament del Router R1, amb el format següent:

Xarxa destinació | Interfície | Gateway | Mètrica

3) Si PC1 fa un PING cap a PC2 (suposant que ja disposem de tota la informació necessària per enviar el missatge ICMP de sortida),

3.1) Dibuixeu l'estructura de la primera trama que sortirà de R1 cap a PC2 indicant totes les capçaleres i camps de dades d'usuari que contingui.

3.2) Quins valors tindran els camps següents de la capçalera del datagrama que conté la trama anterior?:

- adreça destinació,
- adreça origen,
- protocol,
- offset.

4) En un moment donat, tenim totes les taules ARP de les màquines de N1 buides (vam acabar de posar en marxa les màquines) i el servidor DNS local sense informació. PC1 fa "ping PC10.xc.com", essent "PC10.xc.com" el nom de la màquina que hem identificat com a PC10, de la qual PC1 no en sap l'adreça.

4.1) Emplenar la **taula següent** amb informació de les trames que circularan per N1 fins que acabi el ping.

Notes:

Cada fila de la taula ha de correspondre a una trama.

Algunes columnes no apliquen en algunes trames (indicar-ho amb "-").

Si es necessiten adreces físiques (columnes 3 i 4), donar-li qualsevol identificador; per a les adreces IP (columnes 5 i 6), fer servir alguna que pugui ser correcta.

A la columna "ARP Missatge" (columna 2) només cal indicar si és pregunta ("Req") o resposta ("Resp").

A la columna "Transport" (columna 8) indiqueu quin tipus de protocol de transport s'utilitza (UDP o TCP), en el cas que s'utilitzi.

A la columna 9 indiqueu 1) si abans de l'enviament de la trama s'ha consultat una taula de routing, 2) quina, 3) quina pregunta s'ha fet i 4) quina resposta s'ha obtingut.

Columna 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ordre trama	ARP			IP		ICMP	Transport	Taula
	Missatge	Adreces		Adreces		Missatge	UDP / TCP	routing
	Req/Resp	Origen	Dest	Origen	Dest			consultada?

4.2) Per fer el ping anterior (ping PC10.xc.com), quins missatges DNS passaran pel Router R1? **Per a cada missatge** (en ordre de pas) **indiqueu**: Tipus (pregunta/resposta), quina pregunta/resposta porta, qui ha generat i qui és el destinatari del missatge. (Ajudar-se amb una taula).

Solució:

(1.1) N2: 100 màquines necessiten 7 bits. El vuitè de què disposem (el de més pes) la identifica. Per tant, la màscara serà de 25 (24+1).

N1: Per tenir el màxim nombre de subxarxes, hem de minimitzar-ne la mida (nombre de bits de host). Amb 1 només bit tindríem només subxarxa i broadcast; amb 2 bits de host podem tenir subxarxa, broadcast, router i 1 màquina. Ens quedarien 5 bits per a subxarxa (doncs el sisè (el vuitè de N1) és per a distingir de N2). Per tant, $2^5=32$ subxarxes. La subxarxa amb més màquines és N2, per tant, les adreces seran:

N2: 10.0.0.0/25

N1: 32 subxarxes des de 10.0.0.128/30 fins a 10.0.0.252/30 (passant per .132/30, .136/30,244/30 i 248.30).

(1.2) Como se ha dicho antes, 32.

(1.3) A N2 quedaran $128 - 2 - 1$ (router) $- 100$ (màquines) = 25. A N1, realment no en queda cap (Nota: S'accepta considerar que si en comptes de 32 subxarxes tinguéssim només 1, podríem assignar més adreces a màquines).

2

Assumim que R1 té un enllaç ppp a un router d'un ISP "Risp" (Risp seria una adreça de la xarxa 200.0.0.0/24) i altres eth per a N1. Hi ha a més un túnel per connectar-se a N2 a través de R2.

Xarxa destinació	Interfície	Gateway	Mètrica
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: Es podrien afegir les adreces de loop)

(3.1) Capçalera MAC – Capçalera IP externa – Capçalera IP interna – Missatge ICMP – CRC MAC

(3.2)

Datagrama extern:

Adreça destinació = 200.0.0.2 Adreça origen = 200.0.0.1

Protocol = IP Offset = 0

Datagrama intern:

Adreça destinació = 10.0.0.2 Adreça origen = 10.0.0.130

Protocol = ICMP Offset = 0

4.1

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ordre trama	ARP				IP		ICMP	Transport	Taula
	Missatge		Adreces		Adreces		Missatge	UDP / TCP	routing
	Req/Resp		Origen	Dest	Origen	Dest			consultada?

Per poder fer el ping, PC1 necessita accedir al DNS local. La taula de routing li diu que vagi a R1. Necessita la seva MAC per accedir-hi (fa ARP). Suposem que la IP de PC1 és 10.0.0.130.

1	Req	PC1	Bcast						PC1: Camí cap a DNS local? R1
2	Resp	R1	PC1						
3				10.0.0.130		200.1.0.2			UDP (DNS request)
Tot el procés de resolució del nom es fa fora de N1.									
4				200.1.0.2		10.0.0.130			UDP (DNS response)

(Per N1 circula l'adreça privada de PC1)

Ara PC1 ja té la IP de PC10, per la qual cosa podeu enviar el ping

5				10.0.0.130		200.100.100.100	Echo req		PC1: Camí cap a PC10? R1
6				200.100.100.100		10.0.0.130	Echo resp		

4.2

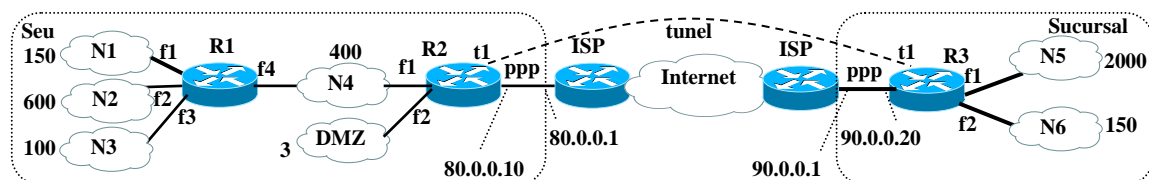
Pel Router R1 només passen el request i la response al DNS local (trames 3 i 4 anteriors).

L'accés recursiu (root, .com, xc.com) es fa des del local DNS.

Pregunta de PC1 a DNS local: quina és la IP de PC10.xc.com?

Resposta 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 sumariització 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 sumariització 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
0/0	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
0/0	ISP1	ppp	1

R3

Destinació	Gateway	Iface	M
ISP2	*	ppp	1
ISP1	ISP2	ppp	1
N5	*	f1	1
N6	*	f2	1
Tunel	*	t1	1
P2	R2.t1	t1	2
P1	R2.t1	t1	3
0/0	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)

0/0: 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, 0/0, P3 amb mètriques: 1, 1, 1, 2

R2 en t1: Destinacions: DMZ, 0/0, P1, P2 amb mètriques: 1, 1, 2, 1

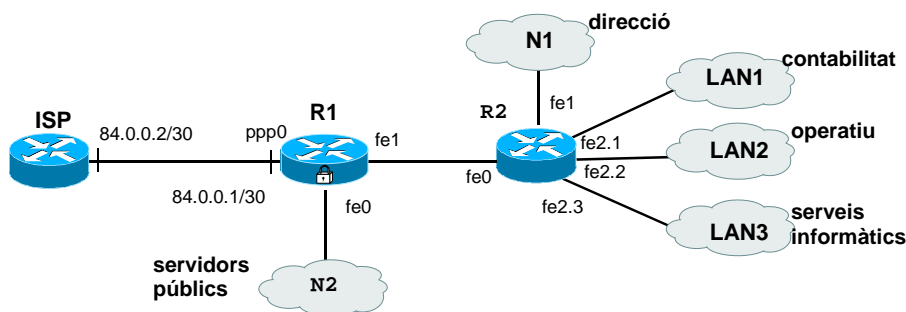
R3 en t1: Destinacions: P3 amb mètriques: 1

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	SMTP 172.17.64.3	25
R2	UDP	Any	80.0.0.10	DNAT	DNS 172.17.64.4	53

Problema 6.

La seu central d'una empresa té la configuració següent



Es demana:

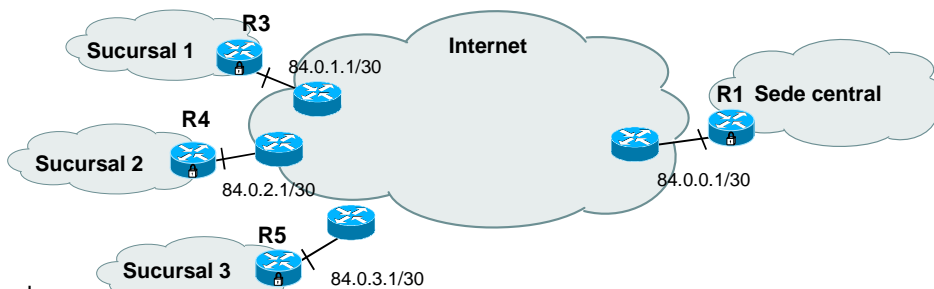
Un adreçament vàlid per a aquesta empresa sabent que: 1) el router R1 separa la xarxa de servidors públics N2 de la resta que són xarxes privades; 2) que l'ISP proporciona un rang d'adreces públiques a partir del 200.0.0.0/24; 3) l'empresa vol mantenir els 5 servidors públics (HTTP, DNS, correu electrònic, ssh, fax) sempre visibles des d'Internet i vol adquirir el nombre mínim d'adreces públiques; 4) a la xarxa privada hi ha 2 hosts a la xarxa de direcció, 10 en comptabilitat, 10 en operatiu i 5 en serveis informàtics.

Motiva els teus raonaments i les eleccions.

- Explica què cal fer perquè les xarxes de direcció, comptabilitat i operatiu tinguin accés a Internet. Motiva els teus raonaments i les eleccions.
- Configurar les interfícies dels routers R1 i R2 i indica'n les taules d'encaminament especificant els valors de "**destinació, màscara, gateway, interfície i mètrica**". Suposa que s'ha activat el RIPv2 i les taules han convergit.
- Configurar el router R1 perquè faci de tallafocs. En particular: 1) que qualsevol client d'Internet pugui accedir als servidors públics però no a la xarxa privada; 2) que els hosts de la xarxa privada puguin accedir als servidors públics i als servidors d'Internet. Indica clarament la interfície on apliques les regles ACL, i si és a l'entrada o la sortida de la interfície. Per a les regles ACL utilitzar el següent format:

```
IPdestinació/màscara port destinació IPorigen/màscara portorigen protocol estat accepta/rebutja
```

Suposeu ara que aquesta seu central pertany a una empresa que té a més 3 sucursals.



Es demana:

- Proposar quins túnels s'haurien de configurar si es vol que hi hagi el menor nombre possible de túnels a la VPN de l'empresa.
- Configurar les adreces IP dels túnels.

Solució:

a) 5 servidors públics + router + broadcast + xarxa = 8 @IP --> 3 bits per a hostID, màscara 29
200.0.0.0/29

També es poden assignar adreces privades, per exemple 192.168.0.0/29 i configurar un NAT estàtic (o també PAT estàtic sent els ports dels servidors diferents) al router R1. És fonamental que sigui de tipus estàtic perquè cada servidor tingui una única adreça visible des d'Internet (o una tupla adreça-port en el cas de PAT).

Xarxes privades, fem servir adreces privades

10.0.0.0/24 per a xarxa R1-R2

10.0.1.0/24 per a direcció

10.0.2.0/24 per a comptabilitat

10.0.3.0/24 per a operatiu

10.0.4.0/24 per a serveis informàtics

Es necessiten 8 adreces públiques per a adreçament

b) Es configura PAT dinàmic (o NAT dinàmic per ports) al router R1 usant la direcció pública de la interfície 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

	Dest.	Màsc	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	-

Taula R1

	Dest.	Màsc	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 suposa que R1 anuncia N2 i la ruta per defecte
Taula R2

d) 1) Interfície fe0 out (també es pot agrupar amb 3 i configurar a 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

Les adreces IP destinació es poden assignar a un host concret amb /32.

Els servidors de correu (SMTP) i de DNS actuen també com a clients de servidors externs.

Això es veu al capítol de protocols d'aplicació.

2) Interfície 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) Interfície fe1 out

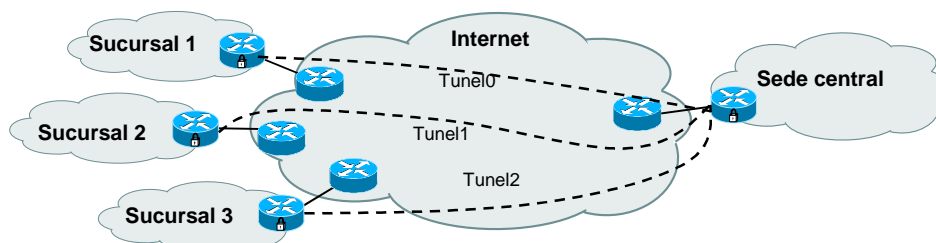
10.0.1.0/24	>1023	0.0.0.0/0	<1024	any	established	acepta
10.0.2.0/24	>1023	0.0.0.0/0	<1024	any	established	acepta
10.0.3.0/24	>1023	0.0.0.0/0	<1024	any	established	acepta
10.0.4.0/24	>1023	0.0.0.0/0	<1024	any	established	acepta
0.0.0.0/0	any	0.0.0.0/0	any	any	any	rechaza

e) Tres túnels

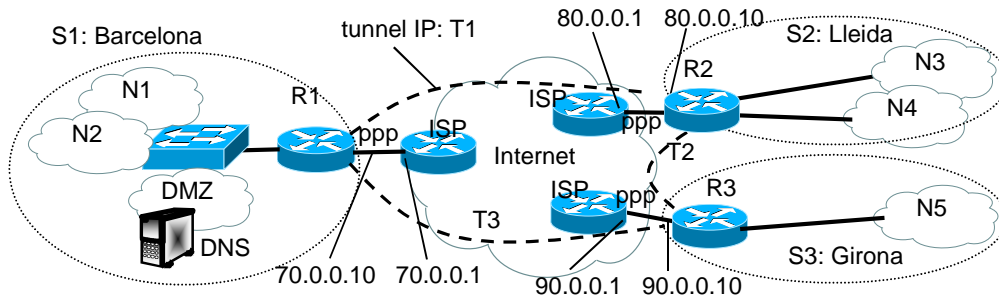
Tunel0 entre 84.0.0.1 i 84.0.1.1, interfície tun0 a R1: 10.100.0.1/24, interfície tun0 a R3: 10.100.0.2/24

Tunel1 entre 84.0.0.1 i 84.0.2.1, interfície tun1 a R1: 10.100.1.1/24, interfície tun0 a R4: 10.100.1.2/24

Tunel2 entre 84.0.0.1 i 84.0.3.1, interfície tun2 a R1: 10.100.2.1/24, interfície tun0 a R5: 10.100.2.2/24



Problema 7.



IP public addresses:

IP-R1: 70.0.0.10, ISP: 70.0.0.1

IP-R2: 80.0.0.10, ISP: 80.0.0.1

IP-R3: 90.0.0.10, ISP: 90.0.0.1

200.0.0.0/27

Number of stations:

N1: 750

N2: 150

N3: 100

N4: 350

N5: 100

DMZ: 4 servers

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. Inventat 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/#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 definit. (ii) Indica la configuració pel que fa a les adreces IP que suposes pels túnels. (iii) Digues quin és el rang d'adreces 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 RIP hagi convergit. Per cada entrada dóna: Destinació/màscara en bits, Gateway, interfície i mètrica RIP.
- Digues quin serà el contingut dels missatges RIP 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 efimers.

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

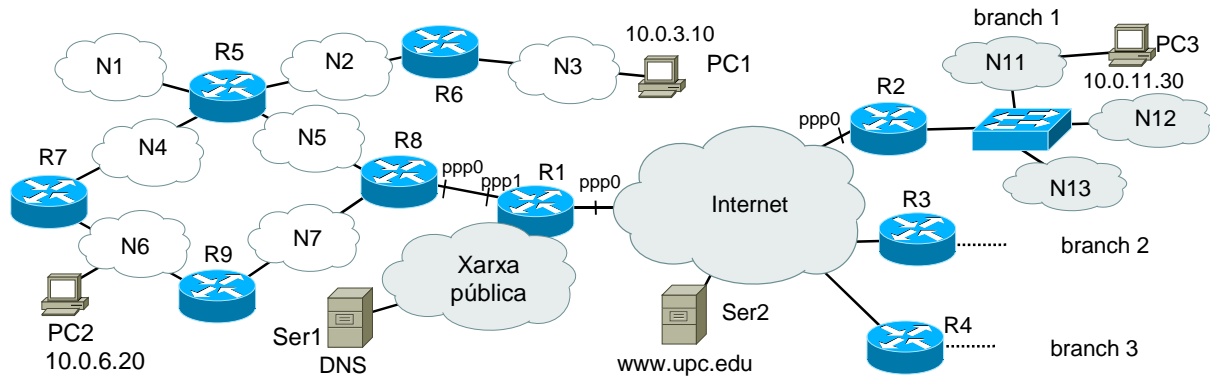
Taula ARP de R2: @IP = 172.24.0.10 (estació) i @MAC-estació

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 disposa de la xarxa de la figura formada per una seu central i tres delegacions connectades per Internet.



A la seu central tenim:

- Set xarxes departamentals internes privades (de N1 a N7). Aquestes xarxes tenen adreces privades del tipus 10.0.X.0/24, on X és el número de la xarxa (per exemple, la N1 té la 10.0.1.0/24).
- una xarxa dels servidors públics (xarxa pública).
- un router/firewall que connecta les xarxes privades i públiques amb Internet.

Cada delegació Y està composta per:

- un encaminador que es connecta a la seu central amb una VPN a través d'un túnel a Internet.
- 3 LANs (de NY1 a NY3) que componen la xarxa privada. Les adreces privades segueixen el mateix esquema de la seu central, per exemple, la xarxa N31 de la delegació 3 té la 10.0.31.0/24.

a) A partir del rang 202.0.1.128/25 dissenyar un esquema d'encaminament per a la part pública sabent que aquesta es compon de 7 xarxes:

- Dues xarxes d'interconnexió entre encaminadors
- Tres xarxes amb 5 hosts cadascuna
- Una xarxa amb 28 hosts
- Una xarxa amb 50 hosts

b) Sabent que les adreces IP públiques dels routers R1-R4 són 201.0.1.1, 201.0.2.1, 201.0.3.1 i 201.0.4.1 respectivament i que el router R1 utilitza NAT dinàmic amb rang 202.0.1.0.1.10 R2, R3 i R4 usen PAT, deduir:

- Si PC1 fa un ping a PC3, les adreces IP que tindran els datagrames a les xarxes N5, a Internet i a N11.
- Si PC1 fa un ping al Ser2, les adreces IP que tindran els datagrames a les xarxes N5 i a Internet.
- Si PC3 fa un ping al Ser2, les adreces IP que tindran els datagrames a les xarxes N11 i a Internet.

c) Assignar adreces IP a les interfícies internes (les que estan connectades amb els switchos) dels routers R2, R3 i R4.

d) Escriure la seqüència de paquets que s'enviaran fins que es rebí el primer fet reply si a PC2 s'executa:
ping www.upc.edu.

Per això suposar:

- Totes les caus ARP estan buides
- PC2 desconeix l'adreça IP de www.upc.edu
- El servidor de noms de PC2 és Ser1
- Ser1 té a la cau l'adreça IP de www.upc.edu, que és 209.85.135.99.

Utilitzar el format de taula següent per 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												

Per indicar l'adreça MAC d'un router utilitzeu: :X:i on X=número de xarxa, i i=número de router. Per exemple, si volem indicar la MAC de R9 a la xarxa N6 ho faríem com: :6:9. Anàlogament, per indicar les adreces IP, utilitzar: .X.i. Per indicar broadcasts utilitzarem: :FF:FF per a Ethernet i .FF.FF per a IP.

Solució:

a)

	Usuaris	Interfície router	Xarxa i broadcast	Total IP	Múltiple 2	hostID
Xarxa R-R1	0	2	2	4	$2^2 = 4$	2
Xarxa R-R2	0	2	2	4	$2^2 = 4$	2
Xarxa 1	5	1	2	8	$2^3 = 8$	3
Xarxa 2	5	1	2	8	$2^3 = 8$	3
Xarxa 3	5	1	2	8	$2^3 = 8$	3
Xarxa 4	28	1	2	31	$2^5 = 32$	5
Xarxa 5	50	1	2	53	$2^6 = 64$	6

Per assignar les IP convé començar amb les xarxes amb màscares més petites

netID	subID	hostID	@IP red	@IP broadcast	Red
peso	128 64	3 1 2 6 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

Les màscares son

2 bits de hostID => màscara $32 - 2 = 30$ 3 bits de hostID => màscara $32 - 3 = 29$

5 bits de hostID => màscara $32 - 5 = 27$ 6 bits de hostID => màscara $32 - 6 = 26$

/24	hostID	Xarxes
pes	128 64 32 16 8 4 2 1	
255.255.255.	1 1 1 1 1 1 0 0	Xarxa R-R1 i X R-R2
255.255.255.	1 1 1 1 1 0 0 0	Xarxa 1, X 2 i X 3
255.255.255.	1 1 1 0 0 0 0 0	Xarxa 4
255.255.255.	1 1 0 0 0 0 0 0	Xarxa 6

b)

PC1 ping a PC3

N5: @IP origen 10.0.3.10, @IP destinació 10.0.11.30

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

N11: @IP origen 10.0.3.10, @IP destinació 10.0.11.30

PC1 ping a Ser2

N5: @IP origen 10.0.3.10, @IP destinació 209.85.135.99

Internet: @IP origen 202.0.1.10, @IP destinació 209.85.135.99

PC1 ping a PC3

N11: @IP origen 10.0.11.30, @IP destinació 209.85.135.99

Internet: @IP origen 201.0.2.1, @IP destinació 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

Tema Protocol IP

d)

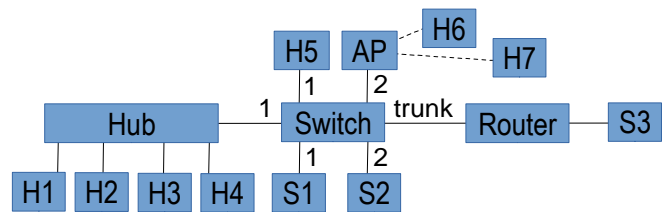
		Capçalera Eth		Capçalera IP		Missatge ARP				ICMP	DNS	
		@src	@dst	@src	@dst	Q/R	origen		destinació		Q/R	Q/R
							MAC	IP	MAC	IP		
1	N6	:6:20	:FF:FF			Q	:6:20	10.0.6.20		.6.9		
2	N6	:6:9	:6:20			R	:6:9	.6.9	:6:20	10.0.6.20		
3	N6	:6:20	:6:9	10.0.6.20	.Ser1							Q
4	N7	:7:9	:FF:FF			Q	:7:9	.7.9		.7.8		
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 1. (2014t)

Una organització disposa de la següent xarxa local:

El switch utilitza les VLAN 1 i 2 configurades segons indiquen els números a cada port. Els PC estan connectats per cable (H1-H5) i per WiFi (H6-H7) per comunicar-se amb els servidors: S1 a la VLAN1, S2 a la VLAN2, i després d'un router S3 accessible per a tots. Suposeu que totes les connexions tenen la mateixa velocitat (100 Mbps) i estan configurades de forma òptima.



a) Indica la llista de dispositius de xarxa que apareixerien en un broadcast (per exemple un ping) des de:

H1: H6: S3:

b) Indica la llista de dispositius de xarxa que travessaria una trama Ethernet de:

H2 a S3: H5 a S2: H7 a S1:

c) Si tots els PC (H*) envien trames Ethernet (unicast) a la màxima velocitat i de forma sostinguda del servidor a la seva VLAN respectiva (S1 per a VLAN 1 i S2 per a VLAN 2), calcula la velocitat de transferència màxima (i indica breument el motiu) a:

H3: H5: H6:

e) Si tots els PC (H*) reben trames Ethernet del seu corresponent servidor a la VLAN, calcula la velocitat de transferència màxima.

Solució:

a)

H1: H1 H2 H3 H4 H5 S1 R

H6: H6 H7 S2 R

S3: R

b)

H2 a S3: H S R

H5 a S2: S R S

H7 a S1: AP S R S

c)

S1 i S2 estan a VLANs diferents, per tant la limitació està en 100 Mbps a cada VLAN i port.

H3: 100/4/2 Mbps (/4 a causa del Hub, /2 a causa del repartiment entre dos ports del Switch a VLAN 1)

H5: 100/2 Mbps (a causa del repartiment entre dos ports del Switch a VLAN 1)

H6: 100/2 Mbps (a causa del repartiment per l'AP, el switch no té efecte).

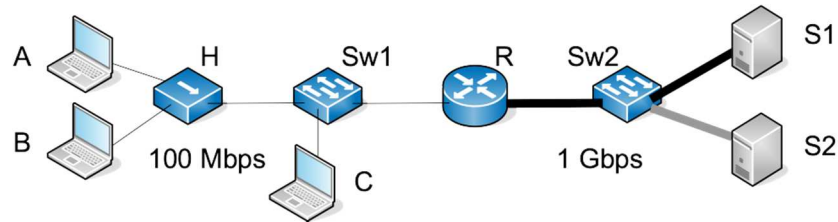
d)

No s'aplica control de fluxe.

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

H6 = H7 = 100/2 = 50 Mbps

Problema 2.

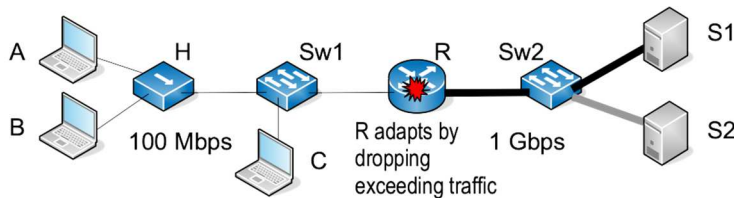


- A la xarxa de la figura l'ordinador A només **descarrega** un fitxer de S1. Què limita la descàrrega?
 - Ara A, B, C **descarreguen** alhora fitxers des de S1. Com limiten la descàrrega dels enllaços? Què fa R?
 - Ara A, B, C **envien** alhora fitxers cap a S1. Com limiten la descàrrega els enllaços?
- Es puja l'enllaç Sw1 a R de 100 Mbps a 1 Gbps.
- Com canvia el resultat de b)? Què fa Sw1?
 - Com canvia el resultat de c)? Què fa H?

Solució:

No considerem el transport (TCP o UDP) només Ethernet.

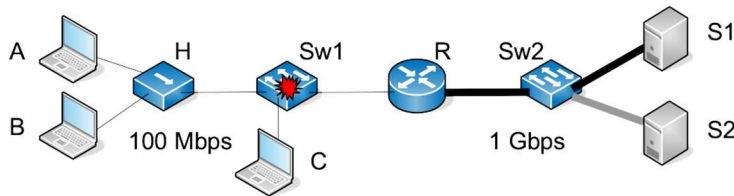
- Limitacions: l'enllaç A-H i els altres que van a 100 Mbps, també la CPU i entrada-sortida dels hosts.
- El màxim són $3 \cdot 100$, limita:



$$H-Sw1: A+B < 100 \rightarrow A, B < 50$$

$$Sw1-R: A+B+C < 100 \rightarrow A, B, C < (100/3 = 33)$$

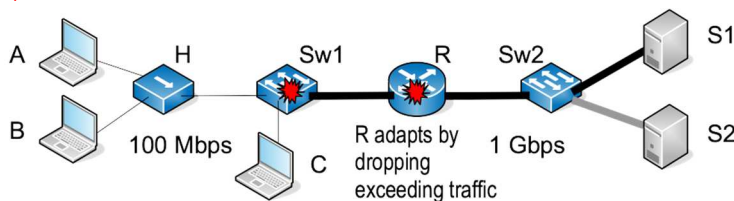
- El màxim són $3 \cdot 100$, limita:



$$H-Sw1: A+B < 100,$$

$$Sw1-R: (A+B)+C < 100 \rightarrow (A+B), C=100/2; A=B=50/2$$

- El màxim són $3 \cdot 100$, limita:



$$H-Sw1: A+B < 100; A, B < 50$$

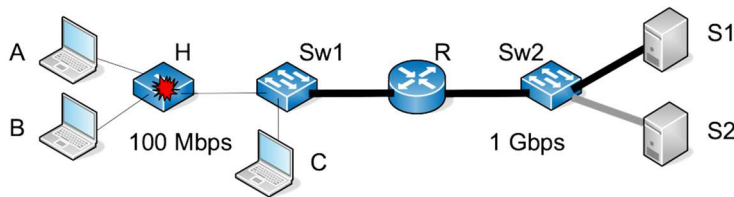
Sw1-R:

- Ports del Switch: $A+B < 100, C < 100$:

Si a Sw1-R li arriben més de 200 pot enviar trames pausa i el router llença els paquets excedents.

$$200 - 50(A) - 50(B) = 100(C)$$

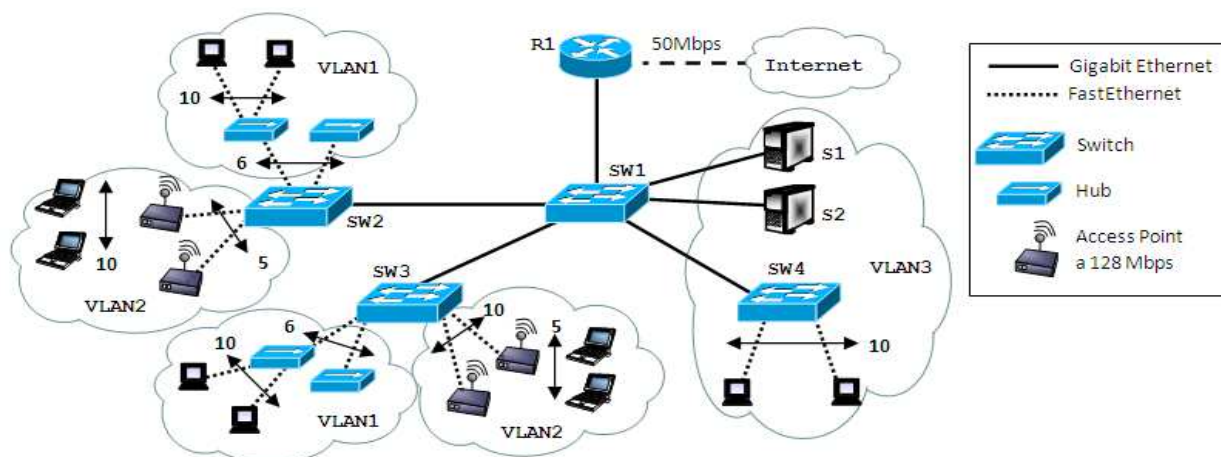
- El màxim són $3 \cdot 100$, limita:



$$H-Sw1: A+B < 100, A=B=50$$

$$C=100$$

Problema 3.



La xarxa de la figura està formada per 230 estacions i dos servidors S1 i S2. S'han configurat 3 VLANs on el nombre d'Access Points (APs), hubs i estacions per hub o AP està indicat a la figura. Els enllaços cablejats són Gigabit Ethernet o FastEthernet segons si són dibuixats com a línies senceres o puntejades, respectivament. Els APs usen una connexió wireless a 128 Mbps. L'enllaç del router a Internet és de 50Mbps. L'eficiència dels Switch és del 100%, dels Hubs del 80% i dels APs del 50%. Respon per als escenaris que es donen a continuació suposant que només transmeten informació les estacions que estan actives menyspreant l'efecte de les respostes. Es demana determinar per a cada escenari:

- Els enllaços on es crearà el coll d'ampolla principal.
- Quin serà el mecanisme o els que regulen la velocitat efectiva de les estacions.
- La velocitat efectiva que aconseguiran les estacions actives.
 - Només estan actives les estacions de la VLAN1 que transmeten dades al servidor S1.
 - Només estan actives les estacions de les VLAN1 i VLAN2 que transmeten dades al servidor S1.
 - Només estan actives les estacions de les VLAN3 que transmeten dades de la mateixa manera als servidors S1 i S2.
 - Mateix cas que l'anterior però ara els servidors S1 i S2 també transmeten a les estacions.
 - Les estacions de les VLAN1 i VLAN2 transmeten a un servidor d'Internet.

Solució

A.

- Els colls d'ampolla són els hubs.
- El CSMA/CD de les estacions controla i reparteix els 80 Mbps de cada hub.
- Les 10 estacions de cada hub es reparteixen equitativament els 80 Mbps, per tant $80/10 = 8$ Mbps.

B.

- El coll principal és l'enllaç de trunk entre SW1 i R1.
 - El SW1 fa control de flux amb trames de pausa i reparteix els 1000 Mbps entre SW2 i SW3.
 - Entre SW2 i SW1 hi haurà 500 Mbps que els hubs i APs es reparteixen equitativament $500/11=45.5$ Mbps. Les 10 estacions de cada hub tindran $45.5/10 = 4.55$ Mbps. Les estacions de cada AP tindran $45.5/10 = 4.55$ Mbps.
- Entre SW3 i SW1 hi haurà 500 Mbps que els hubs i APs es reparteixen equitativament $500/16=31.25$ Mbps. Les 10 estacions de cada hub tindran $31.25/10 = 3.125$ Mbps. Les estacions de cada AP tindran $31.25/5 = 6.25$ Mbps.

C.

- El coll d'ampolla és la connexió host-switch.
- No hi ha control de flux perquè no hi ha coll d'ampolla. El TCP de les estacions farà que cada estació transmeti la meitat del temps a S1 i l'altra meitat a S2.
- Tots els enllaços són FDX i les estacions i servidors pertanyen a la mateixa VLAN. Les 10 estacions transmeten a 100 Mbps (50 Mbps cap a cada servidor); SW4 transmet a SW1 a 1000 Mbps; els servidors rebran a 500 Mbps cadascun.

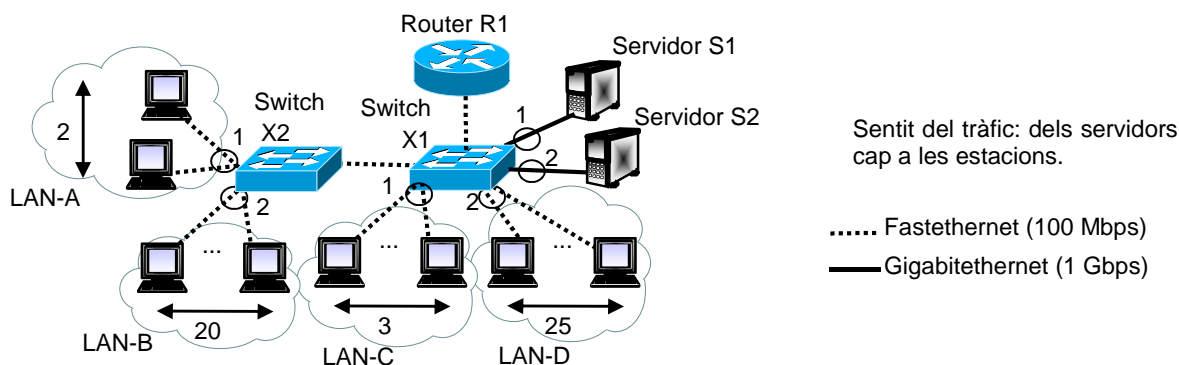
D.

- Com que tots els enllaços són FDX i servidors i estacions pertanyen a la mateixa VLAN, els dos sentits de transmissió es poden tractar de manera separada. Pel sentit estacions – servidors val el que ja determinat al punt 3.C. Pel sentit servidors – estacions:
- El coll d'ampolla és SW1.
 - SW1 fa control de flux cap als servidors enviant trames de pausa per repartir els 1000 Mbps de l'enllaç SW1-SW4 entre S1 i S2.
 - Cada servidor transmet a 500 Mbps. A la sortida del SW1 hi haurà 1000 Mbps que després es reparteixen entre les 10 estacions que aniran a $1000/10 = 100$ Mbps.

E.

- El coll d'ampolla és la connexió a Internet de 50 Mbps
- Si totes les estacions són iguals, les pèrdues al buffer del router R1 regulen les finestres de congestió dels hosts (és a dir actua TCP) i els 50 Mbps es reparteixen equitativament entre les estacions.
- Cada estació aniran a 50 Mbps / $(6 \times 10 + 5 \times 10 + 6 \times 10 + 10 \times 5) = 227.3$ kbps.

Problema 4.



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

(i) 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.

(ii) 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

(i) 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.

(ii) 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

(i) Els CAs són els mateixos que en A.

(ii) 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

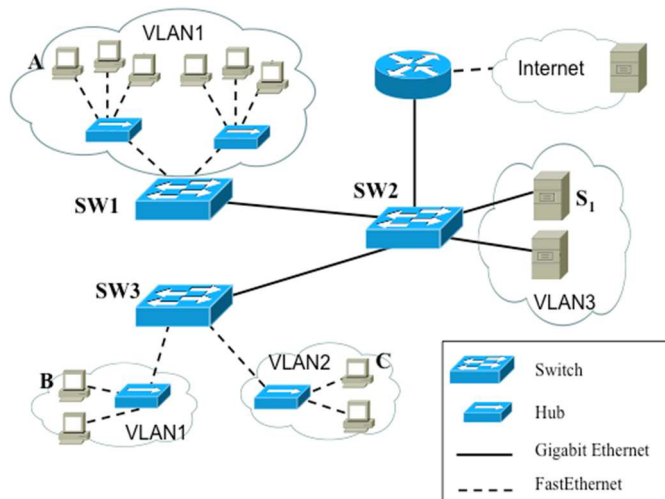
(i) El CA serà l'enllaç X1-R1.

(ii) 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 5. (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 VLAN2 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.

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

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

$$V_{iAB-S1} = 80+80+80 = 240\text{Mbps. Només actua el CSMA/CD als hubs.}$$

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)

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

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

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

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

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

CSMA/CD als hubs i control de flux 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 CSMA/CD 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, $100/10=10$ Mbps per a cada estació.

$V_iA-I = V_iB-I = V_iC-I = 10$ Mbps. $V_iABC-I = 100$ Mbps.

El tràfic és tan petit que no actua el control de flux 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 $40+40=80$ 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 $170 + 210 = 380$ 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 $380+380=760$ Mbps amb tràfic cap a S1 i S2.

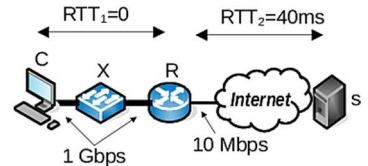
Cada hub amb 2 estacions genera 80Mbps. Nombre de hubs que es poden posar: $760/80=9'5$.

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

Tema Protocol TCP

Problema 1.

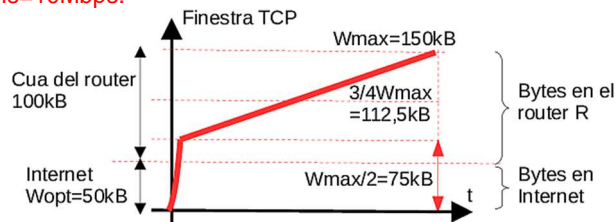
En la xarxa de la figura el client C estableix una connexió TCP amb el servidor S i envia informació a la màxima velocitat que permet la xarxa. Per simplicitat, suposa (1) que en Internet no hi ha pèrdues i no limita la velocitat; (2) un RTT_1 entre C i R igual a 0; i (3) un RTT_2 entre R i S de 40ms. RTT_1 i RTT_2 no inclouen el retard que pugui afegir la cua del rotuer R. Suposa una cua en R de capacitat 100kB.



- Calcula la finestra òptima W_{opt} .
- Suposa que S fa servir una finestra anunciada $awnd = W_{opt}/2$. Calcula v_{ef} , cua en R, finestra mitjana W , i RTT total.
- Suposa que S fa servir una finestra anunciada $awnd = W_{opt}$. Calcula v_{ef} , cua en R, finestra mitjana W , i RTT total.
- Suposa que S fa servir una finestra anunciada $awnd = 2 W_{opt}$. Calcula v_{ef} , cua en R, finestra mitjana W , i RTT total.
- Suposa que S fa servir una finestra anunciada $awnd = 1 \text{ MB}$. Calcula v_{ef} , cua en R, finestra mitjana W , i RTT total.

Solució:

- W_{opt} és el *bandwidth-delay product*. La v_{ef} que es pot assolir és $v_{ef} = 10 \text{ Mbps}$. Per tant: $W_{opt} = v_{ef} \cdot RTT_2 = 10 \text{ Mbps} \cdot 40 \text{ ms} = 50 \text{ kB}$. Notar que $v_{ef} = W_{opt}/RTT_2 = 10 \text{ Mbps}$.
- La cua en R estarà buida (tota la finestra està en el retard d'Internet). No hi haurà pèrdues i $W = awnd = W_{opt}/2$. Per tant $RTT = RTT_2$ i $v_{ef} = W/RTT = (W_{opt}/2)/RTT_2 = (W_{opt}/RTT_2)/2 = 10 \text{ Mbps}/2 = 5 \text{ Mbps}$.
- Hi haurà W_{opt} en Internet (retard RTT_2) i la cua de R estarà buida. No hi haurà pèrdues i $W = awnd = W_{opt}$. El $RTT = RTT_2 = 40 \text{ ms}$. Clarament $v_{ef} = 10 \text{ Mbps}$. Podem comprovar que $v_{ef} = W/RTT = W_{opt}/RTT_2 = 10 \text{ Mbps}$.
- Hi haurà W_{opt} en Internet (retard RTT_2) i la resta de la finestra (W_{opt}) en la cua del router. No hi haurà pèrdues en la cua del router perquè $W_{opt} < 100 \text{ kB}$. Tindrem $W = awnd = 2 W_{opt}$. El router introduirà un retard de $W_{opt}/10 \text{ Mbps} = RTT_2$. Per tant, el retard total serà $RTT = 2 RTT_2 = 80 \text{ ms}$. Clarament, $v_{ef} = 10 \text{ Mbps}$. Podem comprovar que $v_{ef} = W/RTT = (2 W_{opt})/(2 RTT_2) = W_{opt}/RTT_2 = 10 \text{ Mbps}$.
- Hi haurà W_{opt} en Internet (retard RTT_2) i la resta de W en la cua del router. En aquest cas hi haurà pèrdues en el router perquè no pot emmagatzemar més de 100kB (i $awnd = 1 \text{ MB}$). Podem suposar que la finestra de TCP té la forma de dent de serra que es genera amb SS/CA, com mostra la figura. Les pèrdues es produiran quan la finestra tingui un valor igual a $W_{max} = W_{opt} + 100 \text{ kB} = 150 \text{ kB}$ (W_{opt} en Internet més 100kB quan la cua del router està plena). Per tant, el $ssth = W_{max}/2 = 75 \text{ kB}$. Suposant per simplicitat que el temps en SS és negligible, la finestra mitjana valdrà $W = (W_{max} + W_{max}/2)/2 = 3/4 W_{max} = 112,5 \text{ kB}$. D'aquests bytes, n'hi haurà 50kB en Internet i la resta en la cua del router. Per tant, en mitjana en la cua del router hi haurà $112,5 \text{ kB} - 50 \text{ kB} = 62,5 \text{ kB}$, i el retard en la cua del router en mitjana serà de: $(62,5 \text{ kB} \cdot 8 \text{ b/B})/10 \text{ Mbps} = 50 \text{ ms}$. Tenim doncs $RTT = 50 \text{ ms} + RTT_2 = 90 \text{ ms}$. Clarament, $v_{ef} = 10 \text{ Mbps}$. Podem comprovar que $v_{ef} = W/RTT = (112,5 \text{ kB} \cdot 8 \text{ b/B})/90 \text{ ms} = 10 \text{ Mbps}$.



Problema 2.

Donada la següent captura parcial TCP entre dues entitats d'aplicació, identificades amb els números de Port 3287 (en direm A) i 2043 (en direm B):

Temps	Origen	Destí	Flags	Núm. seqüència ... (Tamany)	
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

Tenim tres enviaments inicials no numerats i, després d'un temps, la seqüència d'enviaments numerats de l'1 al 20, amb què finalitza la connexió.

- Correspon aquesta seqüència a alguna aplicació coneguda? L'aplicació A envia informació a B, però B envia alguna cosa a A? Quants octets envia A exactament?
- A quina de les dues màquines (A o B) s'ha fet la captura? Identificar 3 mecanismes per poder esbrinar-ho, i quin(s) s'ha(n) pogut utilitzar aquí.
- Tenint en compte la informació disponible, quant val aproximadament l'RTT? Quina és la velocitat efectiva real? Quina velocitat efectiva màxima podríem assolir si A anés a enviar a B un fitxer molt gran? Què ha de passar per poder assolir aquesta velocitat?
- Dibuixar l'evolució en el temps de la finestra de congestió durant tota la seqüència (de l'1 al 20) i indicar les fases de l'algorisme SS/CA. Hi ha alguna anomalia a l'evolució de la finestra?
- Si després de l'enviament 13 encara quedessin per enviar 30408 octets i no hi hagués més pèrdues, dibuixar la nova evolució de la finestra real fins a l'inici de la desconnexió.

Solució:

a) Correspon aquesta seqüència a alguna aplicació coneguda? No, cap dels ports està per sota del 1024. L'aplicació A envia informació a B, però B envia alguna cosa a A? No, el darrer ACK que envia A és 2, cosa que significa que B només ha enviat el SYN i el FIN, però no dades. Quants octets envia A exactament? 20240.

b) A quina de les dues màquines (A o B) s'ha fet la captura?

A A. Justificació a continuació (3).

Identificar 3 mecanismes per poder esbrinar-ho,

1) Temps: En funció dels temps entre dos segments consecutius podem saber on som. Temps molt petits impliquen que estem al costat de qui envia el segon. Si el temps és més gran (de l'ordre d'un RTT, no un temps de CPU), serà el contrari.

2) Pèrdues/Repeticions: Si es veuen repeticions és que hi ha hagut pèrdues i estem per tant al costat de qui repeteix.

3) Adreces privades: Si veiem una adreça privada és que estem en aquesta màquina.

Els 2 primers. Els temps es veuen molt clarament a l'establiment de connexió, ja que entre el SYN i el SYN/ACK hi ha un RTT, mentre que entre el SYN/ACK i l'ACK hi ha un temps molt menor (de CPU). Si la captura fos a B, el temps petit seria entre els dos primers segments. El mecanisme de Pèrdues/Repeticions també es pot aplicar, ja que en veure segments de dades enviats més d'una vegada, vol dir que estem al costat de qui envia. El tercer mecanisme no s'aplica, ja que no apareix cap adreça privada.

c) Tenint en compte la informació disponible, a) Quant val aproximadament l'RTT?

100 mil·lisegons. Es pot veure a diversos llocs, per exemple entre el primer i segon segment de la connexió o entre els enviaments 11 i 12 o 13 i 15.

Quina és la velocitat efectiva real?

Envia 20241 octets (com es veu a l'enviament 18) dels quals 20240 són dades, en un temps aproximat $t = 4.15$ (instant de recepció de l'últim ACK de dades) - 0.1 (temps de l'inici de l'enviament de dades; just després del ACK de la connexió) = 4,05 segons. Per tant, la Vef real és $V_{ef} = 20240 / 4,05 = 40.000$ bps, aproximadament.

Quina velocitat efectiva màxima podríem assolir si A anés a enviar a B un fitxer molt gran?

S'enviarà la finestra en règim permanent (la venda anunciada) a un RTT; és a dir, $V_{max} = 11584 * 8 / 0.1 = 926720$ bps. Què ha de passar per poder assolir aquesta velocitat?

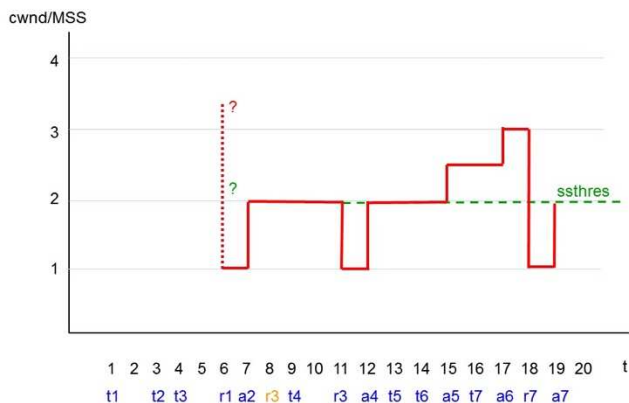
Que no hi hagi pèrdues.

d) Dibuixar l'evolució en el temps de la finestra de congestió durant tota la seqüència (de l'1 al 20) i indicar les fases de l'algorisme SS/CA.

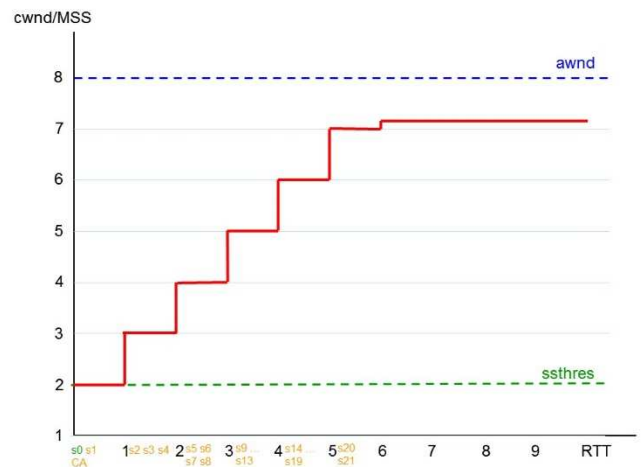
La primera informació correcta que tenim de la finestra real comença a l'intercanvi 6, quan hi ha la primera retransmissió i la Vc baixa a 1 MSS. Quan es rep l'ACK a 7, Vc puja a 2. La finestra no torna a pujar, ja que no hi ha més ACKs nous, fins que hi torna a haver una retransmissió a 11, on per tant la finestra torna a baixar a 1. Puja de nou a 2 en arribar l'ACK a 12. En aquest cas, sabem que hem arribat al llindar (doncs hem caigut des d'una finestra de $V_c = 2$ i el llindar mínim és 2 MSS), per la qual cosa entrem a la fase de Congestion Avoidance. El nou ACK en 15 fa incrementar Vc a 2.5, i l'ACK en 17 a 3, però la nova retransmissió en 18 ho fa tornar a caure a 1. Es queda en 2 per a l'ACK final de 19. Hi ha alguna anomalia a l'evolució de la finestra? No.

e) Si després de l'enviament 13 encara quedessin per enviar 30408 octets i no hi hagués més pèrdues, dibuixar la nova evolució de la finestra real fins a l'inici de la desconnexió.

30408 octets corresponen a $30408 / 1448 = 21$ MSS. Abans de l'enviament 13 teníem $V_c = 2$ i acabàvem d'entrar a la fase de CA. La Va és de $11584 / 1448 = 8$ MSS. Després del 13 hi haurà un nou enviament i en rebre els 2 ACKs tenim $V_c = 3$ (estem a CA). A partir d'aquí, cada RTT la Vc anirà augmentant de 1 en 1 quan es rebin els ACKs de la finestra anterior, és a dir, 3, 4, 5, 6 (en aquest moment ja haurem enviat, després de l'enviament 13, $1 + 3 + 4 + 5 + 6 = 19$ MSS i ens quedaran 2 fins als 21, cosa que portarà a una finestra final de $V_c = 7 + 2/7$ (no haurem arribat a la Va).



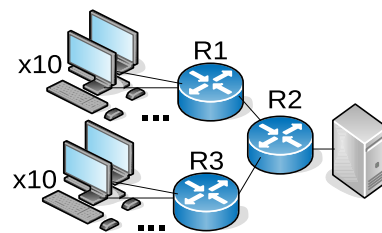
d)



e)

Problema 3.

A la xarxa de la figura hi han 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:

$B/10\text{Mbps} = 600\text{ms}$, 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:

$W = v_{ef} \cdot \text{RTT} = 0,5 \cdot 600/8 = 37,5\text{kB}$

H. Tenim:

$ssth = W_{max}/2$

D'altra banda, del dibuix tenim:

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

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

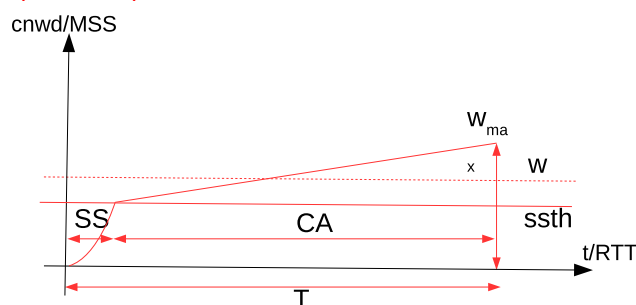
Com que $W = 37,5\text{ kB}$ tenim que $W_{max} = 4/3 \cdot W = 4/3 \cdot 37,5 = 50\text{ kB}$ i

$ssth = 50/2 = 25\text{kB}$

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 $T = 16,7 \cdot \text{RTT} = 16,7 \cdot 0,6\text{ s} = 10\text{ s}$



Problema 4.

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) 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 estan 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.

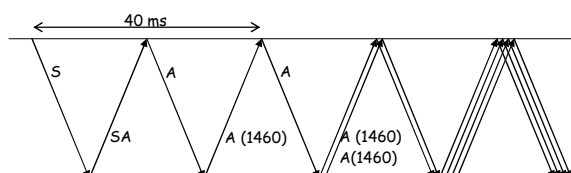
g) No estarà governada per la finestra de congestió mentre no hi hagi pèrdues. I no n'hi ha.

h) El fet de fer servir FDX no afecta al resultat final ja que la transferència del fixer és en un sentit. El factor limitat sequeix 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:

$T_T = 1 \text{ MB} / 64 \text{ kB} \cdot R_{TT} = 15,3 \text{ RTT}$ llavors $T_T = 15,3 \text{ RTT} = 15,3 \cdot 20 \text{ ms} = 0,3 \text{ s}$ (*)

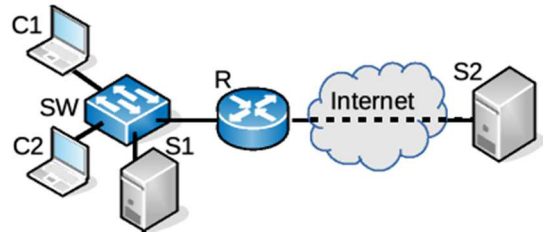
(B) el càlcul anterior no té en compte que ens augmentarà una mica el temps total degut a que inicialment l'slow start ens afectarà al rendiment de la transferència. L'slow start es manté fins no la cwnd no arribi a 64 kB ò $64 \text{ kB} / 1460 \text{ B/MSS} = 44 \text{ MSS}$

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 5.

Suposem una Internet no congestionada. Totes les connexions són de 1 Gb/s full-duplex. El switch fa control de flux. Les cues del router tenen una mida de 10 KB. Latència mínima (RTT): C-S1 o C-R = 1ms, C-S2 = 50ms. Unitats decimals: 1 Gbps = 1000 Mbps, 1 kB = 1000 bytes. Finestra anunciada (awnd) per C1, C2 = 100 KB i MSS = 1460. Suposar que sempre hi ha dades per enviar i les transferències es fan a la màxima velocitat que permet la xarxa.



a) Determinar la finestra òptima de recepció quan un sol client C (C1 o C2) rep dades d'un dels servidors.

C-S1: Wopt (Bytes) =

C-S2: Wopt (Bytes) =

b) Determinar la velocitat màxima i mínima de recepció des d'un sol client C en rebre amb TCP dades només de S1 o només de S2.

C-S1: Vmax (Mb/s) =

Vmin (Mb/s) =

C-S2: Vmax (Mb/s) =

Vmin (Mb/s) =

c) Determinar la velocitat efectiva (mitja per a la transferència) si C1 i C2 reben alhora amb TCP dades de S1. Quin enllaç limita la velocitat mitja?

En quin estat estan (SS, CA) les connexions TCP al final de la transferència? C1-S1:

C2-S1:

C1-S1: Vef (Mb/s) =

C2-S1: Vef (Mb/s) =

d) Si ara la connexió Sw-R baixa a 100 Mb/s, determinar velocitat efectiva si C1 i C2 reben alhora amb TCP dades de S2. Quin enllaç limita la velocitat mitja?

En quin estat estan (SS, CA) les connexions TCP al final de la transferència? C1-S2:

C2-S2:

Quin retard introdueix la cua del router? C1-S2: Vef (Mb/s) =

C2-S2: Vef (Mb/s) =

e) Indicar quin seria el valor ideal de la cua del router per maximitzar les velocitats anteriors.

Cua (KB) =

Quin efecte tindria?

Quina Vef es podria assolir en el cas anterior per a cada transferència?

Solució:

a) C-S1: Wopt = 1 Gb/s * 1 ms / 8 = 125 KB; C-S2: 1 Gb/s * 50 ms / 8 = 6,25 MB

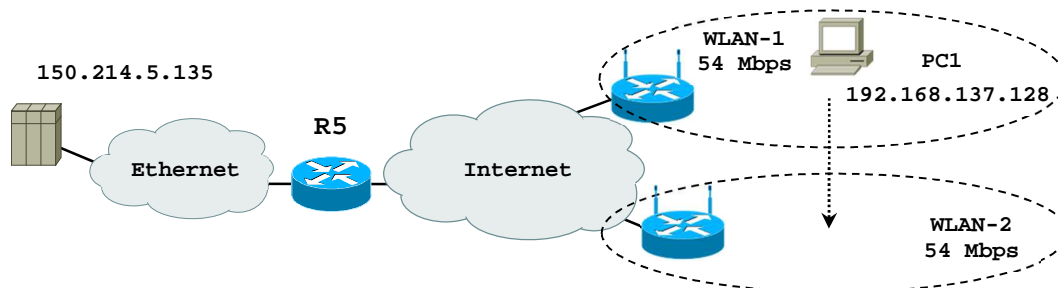
b) C-S1: Vmax = awnd / RTT = $10^5 \cdot 8 / 0.001 = 800$ Mb/s, Vmin = 1 MSS / RTT = $1460 \cdot 8 / 0.001 = 11,68$ Mb/s
C-S2: Vmax = $10^5 \cdot 8 / 0.050 = 16$ Mb/s, Vmin = $1460 \cdot 8 / 0.050 = 0,234$ Mb/s

c) Limita S1-Sw < 1 Gb/s. Estat cap al final: C1-S1: SS, C2-S1: SS
C1-S1: Vef = max(awnd / RTT, 1000 / 2) = max($10^5 \cdot 8 / 0.001$, 500) = 500 Mb/s, Idem per C2-S1.

d) Limita Sw-R < 100 Mb/s. Estat cap al final: C1-S2: CA, C2-S2: CA
Retard a cua del router: $10^4 \text{ B} \cdot 8 / 10^9 = 0.8$ ms, es podria despreciar comparat amb 50 ms.
C1-S2: Vef (Mb/s) = $(3/4 \cdot 10 \text{ KB} \cdot 8/2) / 50 \text{ ms} = 30 \text{ Kb} / 50 \text{ ms} = 0.6 \text{ Mb/s}$. Pèrdues quan suma trànsit > 10 Kb. Idem C2-S2.

e) Cua 200 KB, no hi haurien pèrdues, Vef = $(3/4 \cdot 100 \text{ KB} \cdot 8) / 50 \text{ ms} = 12 \text{ Mb/s}$ (3/4 * 16).

Problema 6.



PC1 està connectat a Internet a través d'una xarxa WLAN de 54 Mbps. Un servidor de vídeo està connectat per Ethernet de 10 Mbps. La velocitat de transmissió a internet és més gran que la de les dues xarxes locals. Tots els dispositius tenen una eficiència del 100% i els buffers del router i de l'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. Es demana el següent:

- A. A partir de la següent captura i sabent que no hi ha pèrdues, determineu: 1) el MSS de la connexió servidor-PC1, 2) la mida de la finestra de transmissió una vegada acabat el transitori, 3) la velocitat efectiva i 4) quant temps es triga aproximadament a 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
192.168.137.128.39599: . ack 1638 win 5240
```

- B. Identificar si el bolcat s'ha capturat al servidor o al PC1.
- C. A partir de les condicions del punt A, si a la xarxa Ethernet hi hagués altres 4 servidors transmetent alhora cap a altres clients, determinar la velocitat efectiva de la connexió servidor-PC1 i la durada aproximada de la descàrrega.
- D. A partir de les condicions del punt A, si el window scale fos actiu amb un factor de multiplicació de la finestra anunciada de 4, determineu la velocitat efectiva i la durada aproximada de la descàrrega.
- E. Supposeu ara que PC1 es mou de la WLAN-1 a la WLAN-2. Durant aquesta transició, es perden alguns segments. Sabent que PC1 fa el canvi de xarxa quan estava a la meitat de la descàrrega i a la seva màxima velocitat, fes un gràfic que mostri l'evolució de la finestra de transmissió (eix y: finestra de transmissió, eix x: temps) des de la transmissió del primer segment a la nova xarxa fins a 1.5 segons. Mostra clarament al gràfic les fases de slow-start i congestion-avoidance i el valor del llindar ssthresh. Supposeu que el temporitzador RTO és de 200 ms.
- F. Fes un gràfic com el punt anterior però ara suposar que, a la WLAN-2, es perd un segment cada cop que la finestra de congestió arriba a 23360 bytes.

Solució:

A.

MSS de 1460 bytes.

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

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

Duració = $726857231 \text{ bytes} * 8 / 5.14\text{Mbps} = 1131 \text{ s}$.

B. Al PC1 perquè apareix la IP privada de PC1. Si fos al servidor públic, PC1 hauria de tenir una IP pública.

C. En total a la xarxa Ethernet hi ha 5 servidors transmetent; considerant que hi ha una eficiència del 100%, això fa que cada servidor pot transmetre durant un 20% del temps. Això fa baixar la velocitat efectiva a:

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

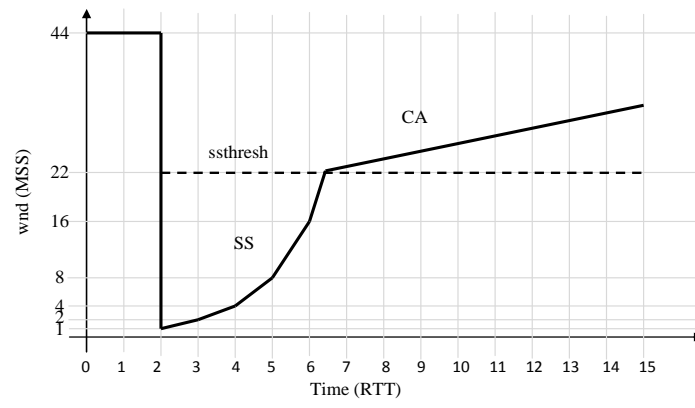
Duració = $726857231 \text{ bytes} * 8 / 2\text{Mbps} = 2907 \text{ s}$

D.

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

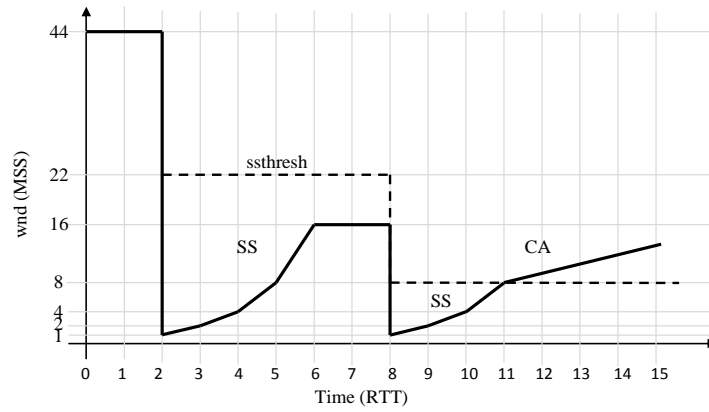
Duració = $726857231 \text{ bytes} * 8 / 10 \text{ Mbps} = 581 \text{ s}$

E.



F.

23360 bytes / 1460 bytes = 16 MSS



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:

- a) 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?
- b) De quin tipus és cada servidor (local/autoritatiu)?
- c) Quin **registre de recurs** (RR) ens donarà la informació que busquem i quin servidor la contindrà?
- d) Quin servidor ens farà arribar el missatge final amb la resposta?

Solució:

- a) S'hi veurien involucrats 4 servidors. Hi hauria dues resolucions:
 - 1) El client de correu electrònic a un NS local *xc.com* per resoldre la IP de SMTP *xc.com* server.
 - 2) SMTP *xc.com* a un NS local *xc.com* (suposem el mateix) per resoldre la IP del servidor de correu de *yahoo.com*. En aquesta resolució el NS local *xc.com* enviaria el missatge de resolució recursiva a un root NS autoritatiu (amb autoritat), que alhora l'enviaria a un NS autoritatiu del domini *.com* per finalment enviar-la a un NS autoritatiu del domini *yahoo.com*.
- b) respost a a)
- c) MX (Mail eXchange)
- d) La resposta amb el registre MX enviada pel NS autoritatiu *yahoo.com* passarà per tots els servidors indicats a) fins que l'NS local *xc.com* l'envii a SMTP *xc.com*.

Problema 2.

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 3.

Volem enviar des d'un host (h1.upc.edu) un missatge de correu electrònic a x@y.org que inclogui un text breu de salutació en català o en castellà i un document en format PDF. Supposeu que el nostre servidor de correu és smtp.upc.edu.

Considerar hosts: (a) h1.upc.edu, (b) smtp.upc.edu, (c) dns.upc.edu, (d) dns.y.org. Suposar que totes les cau de DNS són buides.

a) Enumerar la seqüència de peticions i respostes DNS i SMTP enviades i rebudes per h1.upc.edu per lliurar el missatge a smtp.upc.edu. Format taula:

Destí	Protocol	Descripció petició	Descripció resposta
dns.upc.edu	DNS	Petició recursiva, registre A de b	...

b) Indica quina petició i respostes DNS pot enviar i rebre smtp.upc.edu per decidir el lliurament del missatge a la bústia del destinatari final.

c) Indica l'estructura (capçaleres MIME) que forma el cos del missatge.

```
MIME-Version: 1.0
Content-Type: multipart/      boundary=

--BB
Content-Type: text/plain; charset=
Content-Transfer-Encoding:

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

JVBERi0xLjUKJbXtrvsKMyAwIG9iago8PCAvTGvuZ3RoIDQgMBCSCiAgIC9GaWx0ZXIgL0Zs...
dHhyZWYKNzI4OTUKJSVFT0YK
--BB--
```

d) Com sap el receptor amb quin joc de caràcters ha de presentar el text del missatge?

e) Quins protocols pot utilitzar el propietari de la bústia x@y.org per llegir el missatge?

Solució:

a)

Destí	Protocol	Descripció petició	Descripció resposta
dns.upc.edu	DNS	Petició recursiva, registre A de b	Registre A de smtp.upc.edu
smtp.upc.edu	SMTP	HELO name	220 resposta OK (2XX)
smtp.upc.edu	SMTP	mail from: sender@upc.edu	250 resposta OK
smtp.upc.edu	SMTP	rcpt to: x@y.org	250 resposta OK
smtp.upc.edu	SMTP	data	354 resposta OK (3XX)
smtp.upc.edu	SMTP	<contenido del mensaje> \n.	250 resposta OK
smtp.upc.edu	SMTP	quit	221 resposta OK

b) Envia una sol·licitud pel MX del domini i.org. Rep el registre MX de y.org (nom del servidor SMTP) i el registre A corresponent (adreça IP): **dig -t mx y.org**

y.org. 14400 IN MX 10 custmx.cscdns.net.

També els registres NS i A de y.org

c) Content-Type: multipart/mixed; boundary="BB"

Content-Type: text/plain; charset=utf-8

Content-Transfer-Encoding: quoted-printable

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

Content-Type: application/pdf

Content-Transfer-Encoding: base64

d) Per l'atribut charset de tipus text/plain.

e) IMAP, POP o HTTP.

Problema 4.

Volem enviar un missatge de correu electrònic que inclogui un objecte que conté 3 bytes amb valors 31 30 80 (base16). Recordeu que SMTP és un protocol basat en text. L'objecte codificat en base64 resulta en les 4 lletres següents: MTCA

a) Per què la codificació base64 d'un missatge de 3 bytes és de 4 lletres?

b) Completa la codificació del missatge MIME si es transfereix com a image/png:

Content-Type: Content-Transfer-Encoding: Body:

c) La codificació d'aquests tres bytes en caràcters ISO8859-15 correspon a les tres lletres: 10€ (un, zero, euro). Completa la codificació del missatge MIME si es transfereix com a text sense format:

Content-Type: Content-Transfer-Encoding: Body:

Solució:

a) Per cada 6 bits base64 genera un caràcter que ocupa un byte.

b) Content-Type: image/png Content-Transfer-Encoding: base64 Body: MTCA

L'objecte binari s'envia convertit a text en format base64.

c) Content-Type: text/plain; charset=ISO-8859-15 Content-Transfer-Encoding: quoted-printable Body: 10=80

L'objecte textual (sense format, plain) s'envia convertit a text en format quoted-printable amb els codis del joc de caràcters (charset) seleccionat.

Problema 5.

Al navegador d'un PC s'accedeix a la pàgina http://a.org/

Suposem que el PC té buides les memòria cau de DNS i HTTP/1.1 i una connexió a Internet ràpida. Els servidors DNS estan connectats al costat dels servidors web de cada domini. Supposeu un navegador senzill i amb "HTTP pipelining" activat per defecte.

Indica el nombre total de RTTs (els consecutius) que cal esperar per presentar la pàgina completa en cada cas si el contingut de la pàgina és (nota: el tag indica una imatge a incrustar, la resta de tags indiquen enllaços):

a) <html></html>

b) <html></html>

c) <html>a b</html>

d) <html> </html>

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

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

Indica per a cada cas el nombre de RTT que corresponen a DNS (UDP), TCP (connexió), 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 (pipeline amb j.jpg i 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 client estableix més d'una connexió TCP en paral·lel:

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

DNS 1, TCP 1 (+1 però solapat amb 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 cal fer res més ja que és un XML, no HTML)

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

Problema 6.

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 desconexions 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

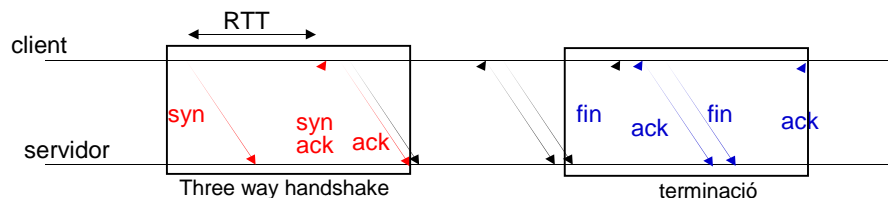
Pas 5: imatge gran Considerem que la connexió al servidor d'imatge encara està establerta i que la finestra és ≥ 4 Descarrega imatge gran: RTT = 50

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

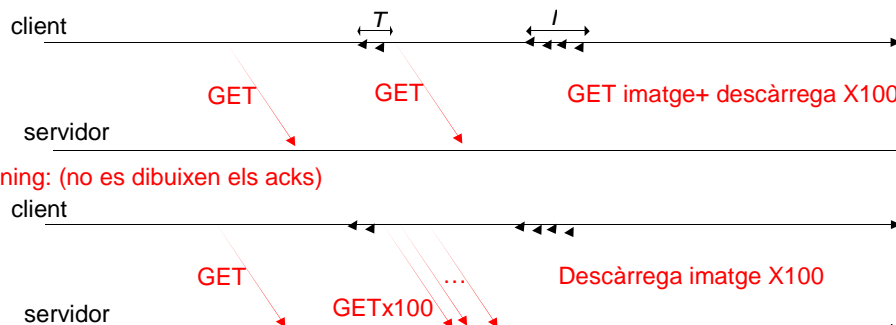
Si els passos 3 i 4 es fan en paral·lel (ja que són connexions TCP amb servidors diferents), llavors el temps del pas 3 (210ms) queda absorbit pel pas 4 (410ms). La imatge gran (pas 5) es fa al final ja que funciona sense “pipelining” i es diu que fa la descàrrega després de l'anunci. El temps total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

Problema 7.

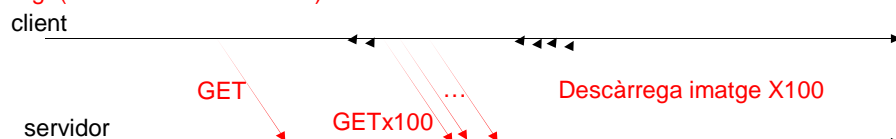
Imagina que un navegador es descarrega un document HTML que conté 100 imatges incrustades. Quantifica en RTTs la diferència que s'observaria entre usar HTTP sense persistència, HTTP amb persistència, i HTTP amb persistència i pipelining. Assumeix que el navegador mai obre més d'una connexió TCP en paral·lel 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 8. (2021t)

Als PC del laboratori d'XC es fa servir un navegador configurat amb un host intermig amb IP 147.83.32.1 com a servidor proxy HTTP per accedir a la web. El professor visita <http://w.uoc.edu/> i proposa als estudiants que la visitin a continuació als seus PC. Assumim:

- DNS: els clients i el servidor proxy ja tenen a la caché (cau) els registres necessaris.
- HTTP: El client només obre una connexió HTTP per servidor i fa servir HTTP 1.1 (persistent).
- Cachés (cau) HTTP: cau proxy i cau dels client web, inicialment buides.
- Ordre d'accés web: primer accés del professor i després dels estudiants a cada PC.
- Latència: per cada sentit al servidor proxy HTTP: 1 ms, servidor web: 10 ms. RTT: doble.
- La pàgina web visitada té un contingut HTML amb una imatge incrustada: ``
- Temps de descàrrega de respostes (entre qualsevol parella de hosts) HTTP (HTML o PNG): 3 ms.

La primera visita del professor:

Origen	Proxy	Servidor web w	RTT (ms)	Justificació
PC	GET http://w.uoc.edu/ → ← 200 Ok + HTML	GET / → ← 200 Ok + HTML	2+1 +20+10 +10+3+1+3	Establiment TCP PC→proxy (2) +HTTP GET→proxy (1) +Establiment TCP Proxy→w (20) + HTTP GET→w (10) +Resposta HTTP HTML w → (10+3) proxy → PC (1+3)
PC	GET http://w.uoc.edu/logo.png → ← 200 Ok + PNG	GET /logo.png → ← 200 Ok + PNG	1+10 +10+3+1+3	HTTP GET PNG aprofitant connexió TCP (persistent) PC → (1) proxy → (10) w + Resposta amb PNG w → (10+3) proxy → PC (1+3)
TOTAL			78	

a) Quin efecte té la visita a continuació del PC de cada estudiant a la mateixa web via el proxy. Condicions: Servidor w: HTML i PNG sense canvis. Cachés DNS i HTTP no expirades. Es manté la connexió TCP proxy-w:

Origen	Proxy	Servidor web w	RTT (ms)	Justificació (passos i valors de RTT per cada pas)
TOTAL				

b) Un altre PC estudiant visita la mateixa web via el proxy. Condicions: Servidor w: HTML i PNG han canviat. Cachés DNS i HTTP no expirades. Es manté la connexió TCP proxy-w:

Origen	Proxy	Servidor web w	RTT (ms)	Justificació (explicar canvis respecte a l'apartat a)
TOTAL				

Solució:

a)

Origen	Proxy	Servidor web w	RTT (ms)	Justificació (passos i valors de RTT per cada pas)
PC	GET http://w.uoc.edu/ → ← 200 Ok + HTML	GET / If-None-Match:"tag" → ← 304 Not modified	2+1 +10 +10+0+1+3	Establiment TCP PC→proxy (2) +HTTP GET→proxy (1) + HTTP GET condicional→w (10) + Resposta HTTP "304 Not modified" w → (10+0) proxy → PC (1+3)
PC	GET http://w.uoc.edu/logo.png → ← 200 Ok + PNG	GET /logo.png If-None-Match:"tag" → ← 304 Not modified	1+10 +10+0 +1+3	HTTP GET PNG aprofitant TCP anterior+GET (1+10), resposta amb PNG "Not modified" w→proxy (10+0), només transferència entre proxy → PC (1+3)
TOTAL			52	

b)

Origen	Proxy	Servidor web w	RTT (ms)	Justificació (explicar canvis respecte a l'apartat a)
PC	GET http://w.uoc.edu/ → ← 200 Ok + HTML	GET / If-None-Match:"tag" → ← 200 Ok + HTML	2+1 +10 +10+3+1+3	Idem apartat a) + HTML canviat: servidor w → (+3) proxy → PC
PC	GET http://w.uoc.edu/logo.png → ← 200 Ok + PNG	GET /logo.png If-None-Match:"tag" → ← 200 Ok + PNG	1+10 +10+3 +1+3	Idem apartat a) excepte transferència IMG canviat servidor w → (+3) proxy → PC
TOTAL			58	