

<b>Examen Final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica</b>		<b>16/1/2024</b>	<b>Tardor 2023</b>
<b>NOM (MAJÚSCULES):</b>	<b>COGNOMS (MAJÚSCULES):</b>	<b>GRUP:</b>	<b>DNI/NIE:</b>

Duració: 2h30m total. El test es recollirà en 25 minuts. Respondre en el mateix full.

### Test (2 punts)

Preguntes multiresposta (qualsevol nombre de respostes correctes). Valen la mitat si hi ha un error i 0 si més.

1. Quina d'aquestes adreces IP de xarxa son correctes per un host? (/n = nombre de bits del prefixe de la xarxa a la que pertany)

- ☐ 0.0.0.0/0
- ☒ 10.0.0.10/8
- ☒ 192.168.1.1/24
- ☐ 147.83.2.0/29

2. Aspectes del protocol IP:

- ☒ La traducció d'adreces PAT inspecciona la capçalera IP i TCP del paquet.
- ☒ Els paquets ICMP van encapsulat directament en un paquet IP.
- ☒ La fragmentació d'un paquet IP genera 2 o més paquets interdependents: fins que no arribin tots cap fragment no es processa.
- ☐ La fragmentació d'un paquet IP genera 2 o més paquets independents: cada fragment es processa quan arriba.

3. En una taula d'encaminament:

- ☐ El gateway és la adreça IP de la interfície del router per on ha de sortir el paquet.
- ☒ El gateway és la adreça IP on s'ha de reenviar el paquet.
- ☒ Aplica l'entrada de la xarxa que encaixa amb el major nombre de bits de xarxa (longest prefix match).
- ☐ Aplica la primera entrada de la taula que encaixa.

4. En un switch amb les interfícies full duplex i control de fluxe amb un port de sortida a 10 Gbps i tots els ports d'entrada a 1 Gbps:

- ☐ Quan arriben a la vegada trames Ethernet per més d'un port cap a la mateixa sortida, poden colisionar i perdre trames.
- ☐ Aquest switch no es satura ja que el port de sortida és molt més ràpid.
- ☒ Quan el tràfic d'entrada supera la capacitat de sortida el switch genera trames de pausa als ports d'entrada per evitar pèrdues.
- ☒ El tràfic que entri pel port de 10 Gbps del switch no colisiona amb el tràfic que entri pels ports de 1 Gbps.

5. En el protocol spanning-tree (arbre d'expansió) a una xarxa local:

- ☐ Permet sumar alhora la capacitat de tots els enllaços de la xarxa local que connecten tots els switchos.
- ☐ Tria els enllaços de la xarxa local de latència mínima o capacitat màxima.
- ☒ Reconfigura l'arbre quan un enllaç deixa d'estar actiu per tolerar fallades.
- ☒ Agafa un switch com a arrel de l'arbre i desactiva els enllaços que puguin generar un bucle.

6. Un switch Ethernet amb ports a 1 Gb/s i control de fluxe té dos PC connectats amb una latència (RTT) de 0.5 ms que intercanvien dades entre els dos. Quin és el tamany de finestra òptim perquè la velocitat efectiva sigui màxima? (1 k = 1000)

- ☐ 64 MB
- ☐ 100 kB
- ☒ 62,5 kB
- ☐ 6,5 MB

7. En el cas anterior, amb una finestra (awnd) de 500 kB, quina és la velocitat efectiva aproximada que TCP pot aconseguir?

- ☐ 100 Mb/s
- ☐ 500 Mb/s
- ☒ 800 Mb/s
- ☐ 1000 Mb/s

8. En una resolució DNS, quina de les opcions següents és certa?

- ☒ Quan es fan canvis a registres (resource record) d'un domini, s'ha de modificar el camp SERIAL del registre SOA del domini.
- ☒ El mateix nom pot estar associat a diverses adreces IP.
- ☒ El valor de TTL dels registres (resource record) d'un domini es determina a la configuració del domini.
- ☒ Els servidors arrel i de primer nivell només retornen resultats iteratius.

9. Diques quines de les afirmacions següents són certes respecte a HTTP 1.1:

- ☒ Una petició GET del mateix URL pot generar una resposta diferent depenent de les preferències del client (negociació).
- ☒ Les respostes a peticions HTTP a un proxy es poden guardar a la caché del proxy i estalviar connexions d'altres clients.
- ☐ El contingut està delimitat per un caràcter nul (final de fitxer).
- ☒ El contingut està delimitat per la mida en bytes (Content-Length).

10. Sobre caràcters:

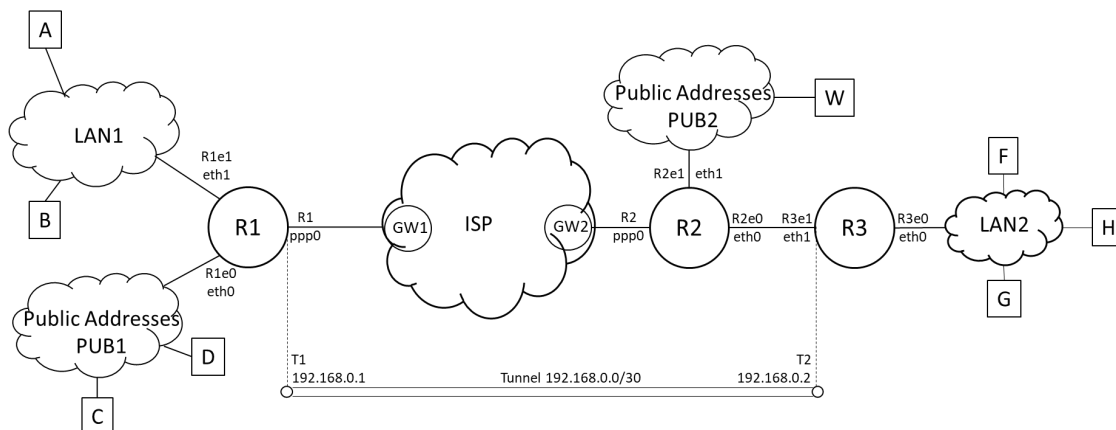
- ☒ Amb UTF-8 un caràcter pot ocupar de 1 a 4 bytes.
- ☒ El Unicode actual té més de 64 K caràcters.
- ☒ El primer byte d'un caràcter Unicode comença amb un codi binari que indica el nombre de bytes addicionals.
- ☐ Tots els caràcters amb UTF-8 ocupen 4 bytes.

Examen final. Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		16/01/2024	Tardor 2023
NOM (MAJÚSCULES):	COGNOMS (MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI/NIE:

Contestar en el mateix full.

### Problema 1 (2.5 punts)

La figura mostra la xarxa d'una entitat i la seva connexió a Internet. Cada interfície dels encaminadors (*routers*) està etiquetada amb la seva adreça IP i interfície. Els dispositius d'usuari (*hosts*) i servidors estan identificats amb una lletra majúscula per l'adreça IP i minúscules per l'adreça MAC (Ethernet). El servidor amb l'adreça IP W i adreça MAC w, és el servidor web de l'entitat. El servei DNS el proporciona el proveïdor d'accés a Internet (ISP). El rang d'adreces públiques disponible és 100.100.112.0/21. L'adreçament privat que s'utilitza és 10.10.0.0/16.



La xarxa interna, formada per LAN1 i LAN2, utilitza adreçament privat. És a dir, A, B, F, G i H tenen adreces privades. El tràfic entre LAN1 i LAN2 s'encamina a través del túnel. El tallafocs (*Firewall*) està situat a R1 i a R3. Tot el tràfic entre LAN1 i LAN2 passa pel túnel.

a) (0.25 punts) Amb el rang d'adreces públiques disponible, quina és l'adreça de "broadcast" del rang públic? Quants dispositius d'usuari amb adreçament públic es podrien connectar?

**Broadcast: 100.100.119.255/21. Nombre màxim de hosts:  $2^{11} - 3$  (xarxa, broadcast, router) = 2045.**

b) (0.25 punts) La xarxa PUB1 té una màscara de /23, s'assigna la xarxa més petita possible per a l'enllaç R2-R3 i la resta de l'adreçament públic disponible s'assigna a la xarxa PUB2 per al màxim nombre de dispositius possible. Assigna l'adreçament de les xarxes públiques en aquest ordre (de menor a major IP): PUB1, R2-R3 i PUB2 i determina les adreces IP de les interfícies R1e0, R2e1, R2e0 i R3e1, i les adreces de "broadcast" corresponents.

PUB1: 100.100.112.0/23 R1e0: 100.100.112.1/23 Broadcast: 100.100.113.255/23.

R2-R3: 100.100.114.0/30 R2e0: 100.100.114.1, R3e1 = 100.100.114.2. Broadcast: 100.100.114.3

L'espai d'adreces 116.0/23 no es pot utilitzar.

PUB2: 100.100.116.0/22 R2e1: 100.100.116.1/22 Broadcast: 100.100.119.255/22.

c) (0.25 punts) L'adreçament privat (10.10.0.0/16) es distribueix entre LAN1 i LAN2. Reparteix l'espai disponible entre les dues xarxes, de manera que LAN1 tingui com a mínim el doble d'adreces disponibles que LAN2 i quedi el mínim nombre d'adreces sense assignar. Assigna les adreces de les interfícies R1e1 i R3e0 i determina les adreces de broadcast de cada xarxa.

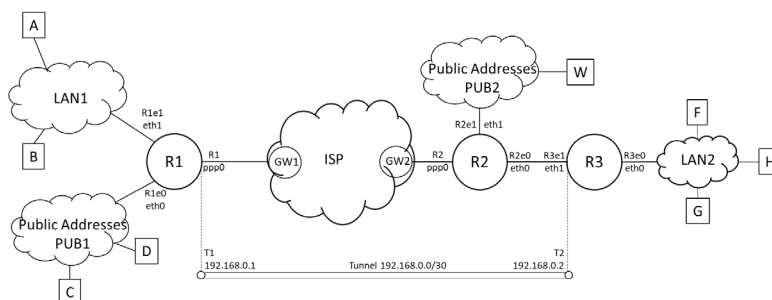
LAN1: 10.10.0.0/17 R1e1: 10.10.0.1/17 broadcast: 10.10.127.255/17

LAN2: 10.10.191.0/18 R3e0: 10.10.191.1/18 broadcast: 10.10.255.255/18 o també

LAN2: 10.10.128.0/17 R3e0: 10.10.128.1/17 broadcast: 10.10.255.255/17

d) (0.25 punts) Quines interfícies han d'aplicar PNAT (*Port and Address Translation*)?

**Interfícies R1ppp0 i R3e1**



e) (0.25 punts) Completa les taules d'encaminament de R1, R2 i R3 utilitzant la notació de la figura per les adreces IP. Cal tenir en compte el túnel i l'accés a LAN2.

Router R1			Router R2			Router R3		
network	Gw	iface	network	Gw	iface	network	Gw	iface
LAN1	---	eth1	PUB2	---	eth1	LAN2	---	eth0
PUB1	---	eth0	R2-R3	---	eth0	R3-R2	---	eth1
GW1/32	---	ppp0	GW2/32	---	ppp0	192.168.0.0/30		tun0
192.168.0.0/30	---	tun0				LAN1	T1	tun0
LAN2	T2	tun0						
0.0.0.0/0	GW1	ppp0	0.0.0.0/0	GW2	ppp0	0.0.0.0/0	R2	eth1

f) (0.25 punts) S'activa RIPv2 a R1, R2 i R3 amb *split horizon* activat. Tenint en compte que només passa pel túnel el tràfic entre LAN1 i LAN2, determinar quines sub-xarxes ha d'anunciar:

R2 cap a R3		R3 cap a R2	
Network	Metric	Network	Metric
PUB2	1	LAN2	1
R2-R3	1	R3-R2	1
Default	1		

g) (0.25 punts) Inicialment, les taules ARP estan buides, excepte les corresponents a les interfícies *ppp0* de R1 i R2. Completa el contingut de les taules ARP a les diferents interfícies si el dispositiu A, després de fer "ping B", executa la comanda "ping www.trademark.org". Aquest servidor web és el servidor W.

Interface A		Interface B		Interface R1e1		Interface R1e0		Interface R2e0		Interface R2e1	
B	b	A	a	A	a					W	w
R1e1	r1e1										

h) (0.25 punts) En el cas anterior, quines són les adreces IP del datagrama que arriba a W?

Adreça IP origen: R1ppp0

Adreça IP destinació: W

i) (0.25 punts) El dispositiu A executa la comanda "traceroute H". Suposa que utilitza missatges ICMP (ping). Completa la seqüència d'adreces IP que mostrarà el traceroute: R1e1 - (R3e1) T2 - H

j) (0.25 punts) Definir les regles del tallafocs (Firewall ACL) a R3e0 per a que: 1) permetre connexions TCP de clients de LAN2 amb servidors a PUB1. 2) permetre connexions TCP de clients de LAN2 només a W (servidor web en PUB2). 3) permetre missatge ICMP entre LAN1 i LAN2.

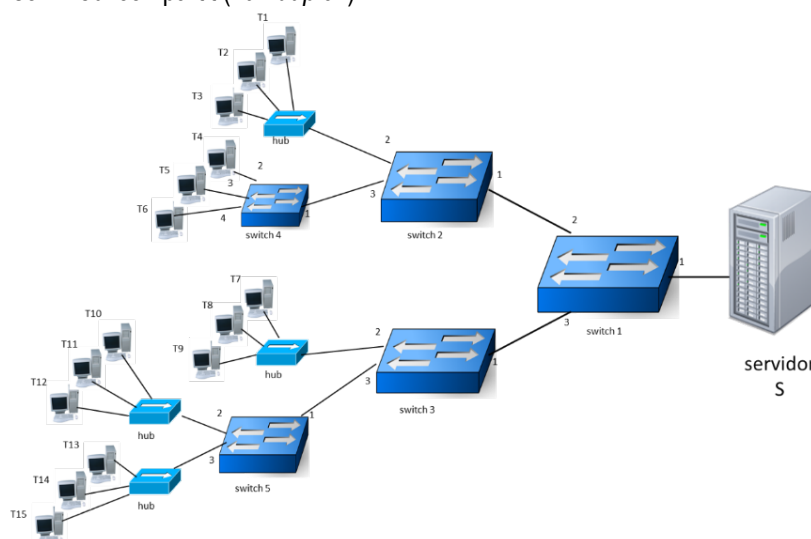
rule	Interface	IN/OUT	Src IP	Src port	Dest IP	Dest port	Proto	Action
1	R3e0	In	LAN2	>=1024	PUB1	<1024	TCP	Accept
1	R3e0	Out	PUB1	<1024	LAN2	>=1024	TCP	Accept
2	R3e0	In	LAN2	>=1024	W/32	80	TCP	Accept
2	R3e0	Out	W/32	80	LAN2	>=1024	TCP	Accept
3	R3e0	In	LAN2		LAN1		ICMP	Accept
3	R3e0	Out	LAN1		LAN2		ICMP	Accept
	R3e0	In/Out	Any	Any	Any	Any	Any	Deny

Examen final. Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		16/01/2024	Tardor 2023
NOM (MAJÚSCULES):	COGNOMS (MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI/NIE:

Contestar en el mateix full.

## Problema 2 (1.5 punts)

La figura presenta la xarxa local d'una entitat. Cada port dels commutadors Ethernet (*switch*) està identificat amb un número. Tots els enllaços són Fast Ethernet (100Mbps) i els commutadors apliquen el control del flux. Els "hub" són medi compartit (*half duplex*).



a) (0.25 punts) Si els 15 dispositius (PC) envien dades cap al servidor de forma sostinguda, determinar quina velocitat efectiva pot assolir cada un d'ells.

T1, T2, T3: 25/3 Mbps      T4, T5, T6: 25/3 Mbps  
T7, T8, T9: 25/3 Mbps      T10, T11, T12: 25/6 Mbps      T13, T14, T15: 25/6 Mbps  
Sw1p1 va a 100Mbps limita Sw1p2 i Sw1p3 a 50Mbps.  
Sw2 i Sw3 apliquen control de flux limitant el flux dels ports 2 i 3 a 25Mbps. Sw5p2 i Sw5p3 a 25/2 Mbps.  
T1=T2=T3= 25/3; T4=T5=T6= 25/3; T7=T8=T9= 25/3; T10=T11=T12=T13=T14=T15= (25/2)/3 Mbps.

b) (0.25 punts) Si a la vegada el servidor S envia dades de forma sostinguda caps als dispositius T1..T6, determinar si es modifica la velocitat en que aquests dispositius poden enviar cap a S. Per què?

T1, T2, T3: 25/3 Mbps      T4, T5, T6: 25/3 Mbps  
Hub cap a S2:  $3 \cdot (25/3) = 25$ ; Sw2 cap al hub: 50; En total al medi compartit,  $25 + 50 = 75 \text{ Mbps} < 100 \text{ Mbps}$ .

c) (0.25 punts) Completar el contingut de la taula d'adreces Ethernet del commutador Sw2.

Port 1: S  
Port 2: T1, T2, T3  
Port 3: T4, T5, T6

d) (0.25 punts) Si T9 executa un *ping* a l'adreça de *broadcast* de la xarxa, completa la taula d'adreces Ethernet del commutador S2.

Port 1: S, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T3, T14, T15  
Port 2: T1, T2, T3  
Port 3: T4, T5, T6

e) (0.25 punts) Es defineixen 5 VLANs (T1-T3, T4-T6, T7-T9, T10-T12, T13-T15, respectivament) i el servidor S està connectat al commutador Sw1 a través d'un encaminador (router). Indicar quins enllaços s'han de configurar en mode "trunk".

R-Sw1; Sw1-Sw2; Sw1-Sw3; Sw3-Sw5

f) (0.25 punts) Si els dispositius de VLAN2 (T4, T5, T6) transmeten a la màxima velocitat possible cap als dispositius de la VLAN5 (T13, T14, T15) indicar els coll d'ampolla i la velocitat que poden assolir.

El control de flux a Sw4 limita a  $T4=T5=T6=100/3 \text{ Mbps}$ . El hub de la VLAN5 accepta  $100/3 \text{ Mbps}$ .

Examen Final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		16/1/2024	Tardor 2023
NOM (MAJÚSCULES):	COGNOMS (MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI/NIE:

Duració: 2h30m total. El test es recollirà en 25 minuts. Respondre en el mateix full.

### Problema 3 (2,5 punts)

Suposem una Internet real on es perden paquets.

Totes les connexions són de 1 Gb/s full-duplex. El switch fa control de flux.

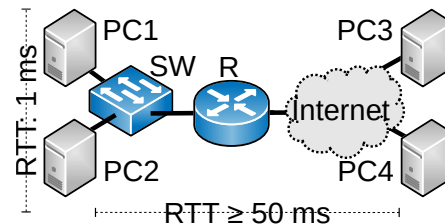
Latència mínima (RTT): PC1-2 o PC3-4 = 1ms, PC1/2-PC3/4 = 50ms.

Les cues del router tenen una mida de 100 kB.

Unitats decimals: 1 Gb/s = 1000 Mb/s, 1 kB = 1000 bytes.

Finestra anunciada (awnd) per PC1..4 = 200 kB i MSS = 1000 B.

Suposar que sempre hi ha dades per enviar, amb TCP, i a la màxima velocitat que permeti la xarxa.



Per tots els apartats del problema: PC2, PC3 i PC4 descarreguen a la vegada contingut de PC1 amb TCP.

a) Determina quin seria el valor màxim (indica càlcul del valor) de velocitat de transferència i quin pot ser el factor limitant principal d'aquesta velocitat (sense canviar ubicació dels PC):

PC1-2:  $V_{\text{efmax}} = 200\text{kB} \cdot 8 / 0.001 = 1,6\text{Gbps}$  Factor limitant: **velocitat connexió PC1-SW i competició entre clients i ports.**  
 $1\text{ Gbps} - V_{\text{ef1-3}} - V_{\text{ef1-4}} = 1000 - 2 \cdot 32 = 936\text{ Mbps}$ .

PC1-3:  $V_{\text{efmax}} = 200\text{kB} \cdot 8 / 0.050 = 32\text{Mbps}$  Factor limitant: **mida awnd PC3 ja que la latència depèn de la distància.**

PC1-4:  $V_{\text{efmax}} = 200\text{kB} \cdot 8 / 0.050 = 32\text{Mbps}$  Factor limitant: **mida awnd PC4.**

b) En quin estat de TCP (SS, CA) es troba cada transferència i per quin motiu:

PC1-2: **SS** Motiu: **No tenim pèrdues.**

PC1-3: **SS o CA** Motiu: **Es poden produir pèrdues a Internet, no a la cua de R: igual velocitat d'entrada que de sortida.**

c) Que es podria fer per millorar la velocitat efectiva de transferència de cada connexió sense variar la velocitat dels enllaços i la ubicació dels PCs:

PC1-2: **cap** Motiu: **ja saturat.**

PC1-3: **incrementar awnd de PC3** Motiu: **limita la velocitat efectiva màxima de recepció.**

d) Quin efecte té duplicar la mida de les finestres anunciades als PC:

PC1: **cap** Motiu: **només afecta a la transferència cap a PC1 i PC1 no rep dades.**

PC2: **cap** Motiu: **la connexió de PC2 no pot anar més ràpid.**

PC3: **duplica la Vefmax** Motiu: **awnd de PC3 determina la velocitat per sota del màxim possible.**

e) Els elements que es veuen a la figura poden incrementar la latència de propagació a cada transferència.

Indica quins motius (causa i mecanisme) poden contribuir i si ho fan (efecte) en aquest cas:

PC1-2: Motiu: **velocitat connexió servidor i control de fluxe amb trames pausa.**

Efecte: **mínim, potser no detectable.**

PC1-3: Motiu: **cues dels routers i encaminament a Internet.**

Efecte: **retard per camins més llargs i congestió: cues a routers d'Internet, no a R ja que V entrada = sortida.**

Examen Final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		16/1/2024	Tardor 2023
NOM (MAJÚSCULES):	COGNOMS (MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI/NIE:

Duració: 2h30m total. El test es recollirà en 25 minuts. Respondre en el mateix full.

#### Problema 4 (1,5 punts)

A l'escenari del problema 3, un usuari a PC3 amb un navegador web vol accedir a [www.test.com](http://www.test.com) que es troba a PC1.

Assumpcions:

- DNS: el servidor de DNS de PC3 és PC4. PC4 ja té a la seva caché (cau) els registres necessaris.
- HTTP: El servidor fa servir HTTP 1.1 (connexions persistents i amb pipelining).
- La pàgina web visitada (a PC3) té un contingut HTML que inclou 5 imatges situades a PC2 (img.test.com).
- Temps de baixada de respostes HTTP (HTML o PNG): 10 ms. (sempre)

a) Llistar la seqüència de missatges entre el client web, els servidors DNS, i el servidor web per obtenir la pàgina i tancar la connexió, suposant que només es fa servir una única connexió HTTP per servidor:

Protocol	Retard (ms)	Retard acumulat	Operació
DNS	1	1	www.test.com A?
TCP	50	51	SYN+ACK
HTTP	50 + 10	111	GET / i resposta HTML que referencia 5 PNG
DNS	1	112	img.test.com A?
TCP	50	162	SYN+ACK
HTTP	50 + 10·5	262	GET /i1.png ... /i5.png pipeline, baixada seqüencial
TCP	50	312 (no es nota)	FIN+ACK. Tampoc suma retard FIN de 1a connexió

Calcula la suma total de temps de càrrega de la pàgina al navegador i justifica la resposta en els casos següents:

b) Suposant que es poden obrir tantes connexions HTTP com calgui (sota demanda):

Després dels 130 ms per recollir l'HTML de PC1 i resoldre img.test.com a PC2, es poden obrir 5 connexions TCP/HTTP més per demanar les 5 imatges en paral·lel a PC2: de 50+10·5 passem a 50+10: - 40 ms.

Total 222 ms demanda de 5 imatges en paral·lel, enlloc de 262 amb una connexió per servidor i pipeline.

c) Suposant que el navegador obre un nombre fixe o màxim de connexions (3 en aquest cas) cada vegada que cal parlar HTTP amb un servidor:

Amb 3 connexions establertes de cop, comparant amb b) per descarregar les imatges:

Demanar 5 objectes per 3 connexions: +10ms de baixada per pipelining de la segona imatge per dues de les connexions TCP/HTTP. Total 232 ms.

d) A partir de c), suposant que PC3 fa servir servidors proxy HTTP i DNS a PC4 o de forma equivalent, que test.com fa servir una xarxa de distribució de continguts (CDN, com Akamai) per DNS i HTTP. Asumir cachés plenes. Com afecta a les transferències de DNS, HTML, imatges i transferència total?

Tots els valors baixen a 1ms (parlem amb un servidor a prop, assumpció no GET condicional).

La baixada del contingut segueix a 10 ms.

	Protocol	Retard
1	DNS	1
2	TCP	1
3	HTTP	1+10

	Protocol	Retard
4	DNS	1
5	TCP	(1)
6		

	Protocol	Retard
7	PNG	1+10·2
8		
	Total:	35 o 36