

Examen final de Xarxes de Computadors (XC)		Grau en Ingeniería Informàtica	14/1/2021	Tardor 2020
Nom	Cognoms	Grup	DNI	

Duració: 2h45m. El test es recollirà en 25 minuts. Respondre els problemes en el mateix enunciat.

Test (2.5 punts) Totes les preguntes són multiresposta: Valen la meitat si hi ha un error, 0 si més.

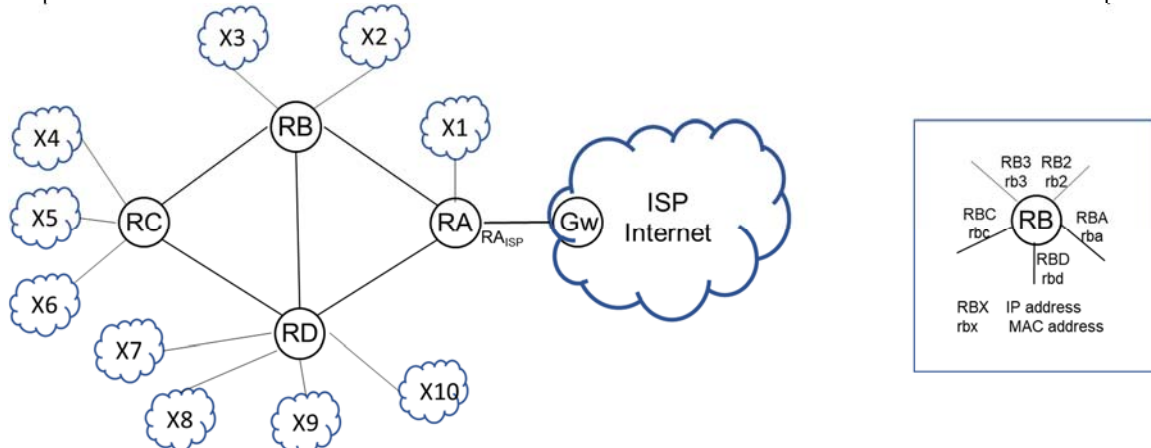
- Digues quines de les següents afirmacions són certes respecte HTTP
 - ☒ **En una connexió HTTP no persistent cada missatge HTTP request s'envia en una connexió TCP diferent**
 - ☐ Un client pot enviar un fitxer al servidor amb un GET amb MIME
 - ☒ **Un client pot enviar les dades d'un formulari HTML en el query-string d'un GET**
 - ☐ En una connexió HTTP 1.1 es possible demanar múltiples objectes en un sol GET
- Suposa una finestra de congestió de TCP de $cwnd=15.000$ bytes, $MSS=1.500$ bytes i *slow start threshold* $ssth=10.000$ bytes. Tot seguit es rep 1 confirmació (ack) que confirma noves dades. Digues quin dels següents valors de la $cwnd$ en bytes són possibles quan es processa l'ack.
 - ☐ 10.000
 - ☐ 3.000
 - ☒ **15.150**
 - ☐ 15.000
 - ☐ 16.500
- En una consulta iterativa de `www.xc.com` a un root-server és plausible que la resposta tingui:
 - ☐ Cap resource record si el nom `www.xc.com` no existeix
 - ☐ Un resource record de tipus CNAME del nom `www.xc.com`, si el nom existeix
 - ☐ Un resource record de tipus A del domini `.com`
 - ☒ **Un resource record de tipus NS del domini `.com`**
- Digues quines afirmacions són certes respecte IP:
 - ☒ **En cas de fragmentació, el camp "identification" de la capçalera IP de tots els fragments del mateix datagrama serà el mateix**
 - ☒ **Cada cop que un datagrama IP travessa un router es decrementa el camp TTL de la capçalera**
 - ☒ **Si un datagrama que porta un missatge UDP passa per un router que fa NAT, el router haurà de canviar el checksum de la capçalera IP**
 - ☒ **Si un datagrama que porta un missatge UDP s'envia per un túnel IP, el camp de protocol de la capçalera IP externa serà diferent del camp de protocol de la capçalera IP interna**
- Digues quins dels següents protocols són orientats a la connexió
 - ☒ **TCP**
 - ☐ UDP
 - ☐ Ethernet
 - ☐ DHCP
 - ☐ IP
- El protocol TCP...
 - ☒ **Serveix per a transmissions unicast**
 - ☒ **Només es poden transmetre dades de l'aplicació quan el socket està en estat ESTABLISHED**
 - ☒ **Té mecanismes per ajustar el valor del MSS per tal evitar la fragmentació**
 - ☐ Serveix per a transmissions broadcast
- En quins casos és possible un enllaç full duplex?
 - ☐ Entre un PC i un hub Ethernet
 - ☒ **Entre dos switches Ethernet**
 - ☐ Entre un portàtil i un AP wifi
 - ☒ **Entre un router i un switch Ethernet**
- Quines afirmacions són certes respecte un switch Ethernet?
 - ☒ **Si es rep una trama i l'adreça destinació no està en la taula MAC, s'envia per tots els ports de la mateixa VLAN, excepte pel port per on s'ha rebut**
 - ☐ Si es rep una trama i l'adreça destinació no està en la taula MAC, s'envia per tots els ports de totes les VLANs, excepte pel port per on s'ha rebut
 - ☐ En la taula MAC hi ha adreces MAC, port, VLAN i adreces IP
 - ☐ La informació de la taula MAC es construeix a partir de l'adreça destinació de les trames que rep
- Indica quines de les següents afirmacions sobre RIP són certes
 - ☒ **Els missatges d'update s'envien periòdicament**
 - ☒ **Quan RIP ha convergit la mètrica de les entrades RIP que hi ha en les taules d'encaminament serà la més petita possible**
 - ☒ **El temps de convergència depèn del nombre de hops entre els dos routers més distants**
 - ☒ **Split-Horizon redueix la mida dels missatges d'update**
- Indica quines de les següents afirmacions sobre charsets són certes
 - ☒ **Un caràcter que es codifica amb UTF-8 amb un sol byte té el mateix codi binari que el caràcter codificat amb ASCII**
 - ☐ Per enviar un email amb text codificat amb UTF-8 caldrà MIME amb `Content-transfer-encoding: base64`
 - ☐ Per descarregar una pàgina web amb text codificat amb UTF-8 caldrà MIME amb `Content-transfer-encoding: base64`
 - ☒ **Per codificar U+122AB amb UTF-8 farà falta més d'1 byte**

Examen final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		14/01/2021	Tardor 2020
NOM (en MAJÚSCULES):	COGNOMS (en MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI:

Duració: 2h 45 minuts. El test es recollirà en 25 minuts.

Problema 1 (3 punts)

La figura mostra la configuració de les subxarxes d'una entitat i la seva connexió a Internet a través de l'ISP. La part de la dreta mostra la notació de les adreces IP i MAC de les interfícies del router B com a exemple.



a) (0'5 punts) Es disposa del rang d'adreces IP 200.200.192.0/20. Assigna un rang d'adreces /24 a cada una de les subxarxes de forma que es pugui agregar subxarxes i minimitzar el nombre de rutes a les taules.

X1	200.200.192.0/24 (.200.0/24)	X6	200.200.198.0/24 (.198.0/24)
X2	200.200.194.0/24 (.192.0/24)	X7	200.200.200.0/24 (.204.0/24)
X3	200.200.195.0/24 (.193.0/24)	X8	200.200.201.0/24 (.205.0/24)
X4	200.200.196.0/24 (.196.0/24)	X9	200.200.202.0/24 (.206.0/24)
X5	200.200.197.0/24 (.197.0/24)	X10	200.200.203.0/24 (.207.0/24)

Quin rang queda disponible? 200.200.204.0/22 (200.200.193.0/24 i 200.200.199.0/24 no es poden assignar)

b) (0'5 punts) Completa les taules d'encaminament dels routers, indicant les adreces agregades (*Destination*), la interfície (adreça MAC) i la mètrica de RIP. (RB/RD indica que les dues rutes són possibles).

Destination	RA			RB			RC			RD		
	GW	if	met	GW	if	met	GW	if	met	GW	if	met
(X1) 200.200.192.0/24	---	ra1	1	RA	rba	2	RB/RD	rcb/d	3	RA	rda	2
(X2+X3) .194.0/23	RB	rab	2	---	*	1	RB	rcb	2	RB	rdb	2
(X4+X5+X6) .196.0/22	RB/RD	rab/d	3	RC	rbc	2	---	*	1	RC	rdc	2
(X7+...+X10) .200.0/22	RD	rad	2	RD	rbd	2	RD	rcd	2	---	*	1
0.0.0.0/0	GW	eth0	1	RA	rba	2	RB/RD	rcb/d	3	RA	rda	2

* indica que hi ha una ruta per a cada subxarxa amb la seva interfície corresponent.

c) (0'25 punts) Utilitza el rang d'adreces privades 10.0.0.0 per assignar adreces als enllaços punt a punt entre els routers utilitzant el mínim nombre d'adreces.

RA-RB	10.0.0.0/30	RC-RD	10.0.0.12/30
RB-RC	10.0.0.4/30	RD-RA	10.0.0.16/30
RB-RD	10.0.0.8/30		

d) (0'25 punts) Si falla l'enllaç RD-RA indicar NOMÉS les rutes modificades.

Destination	RA			RB			RC			RD		
	GW	if	met	GW	if	met	GW	if	met	GW	if	met
X1							RB	rcb	3	RB	rdb	3
X2+X3												
X4+X5+X6	RB	rab	3									
X7+X8+X9+X10	RB	rab	3									
0.0.0.0/0							RB	rcb	3	RB	rdb	3

e) (0'5 punts) Suposa que les taules ARP dels routers només tenen les adreces MAC de les interfícies dels enllaços punt a punt entre routers i que les taules ARP dels dispositius estan buides.

Un dispositiu H3 (en la xarxa X3) fa "ping H1" (H1 està en X1).

Completa la seqüència de trames Ethernet i paquets IP dins la xarxa X3.

Ethernet		ARP		IP		
src	dst	Q/R	message	src	dst	Payload
h3	bcast	Q	ARP RB3?			
rb3	h3	R	ARP rb3			
h3	rb3			H3	H1	ICMP echo request
rb3	h3			H1	H3	ICMP echo response

f) (0'25 punts) El mateix pel cas anterior (seqüència de trames i paquets) a l'enllaç RB-RA.

Ethernet		ARP		IP		
src	dst	Q/R	message	src	dst	Payload
rba	rab			H3	H1	ICMP echo request
rab	rba			H1	H3	ICMP echo response

g) (0'25 punts) Les xarxes X queden petites i es decideix afegir xarxes privades (P1 .. P10) amb adreces del rang 10.2.0.0/15. Cada xarxa Pi es posa al costat de la Xi (els routers tenen ports suficients).

Caldrà fer PAT (*Port and Address Translation*)? **Si** Si és així, en quina interfície? **RA_{ISP}**

Un client d'una xarxa privada (10.2.11.21:17000) inicia una connexió TCP amb 147.83.83.147:80.

Indica els valors dels camps de la capçalera dels datagrames que passen per RA i surten cap a Internet.

Interfície interna de RA				Interfície externa de RA			
src IP	src #	dst IP	dst #	src IP	src #	dst IP	dst #
10.2.11.21	17000	147.83.83.147	80	RA _{ISP}	#PAT	147.83.83.147	80

h) (0'25 punts) S'afegeix la xarxa remota P11 amb adreçament privat (10.111.0.0/16) i es configura un túnel entre RA i un router remot (RR). P11 i RR no es mostren a la figura. El client 10.2.11.21:17000 estableix una connexió TCP amb el servidor remot 10.111.4.5:80, que està en P11.

Indica els valors dels camps de les capçaleres dels datagrames que passen per RA i surten cap a Internet.

Interfície interna de RA				Interfície externa de RA			
src IP	src #	dst IP	dst #	src IP	src #	dst IP	dst #
10.2.11.21	17000	10.111.4.5	80	RA _{ISP}		RR	
				10.2.11.21	17000	10.111.4.5	80

i) (0'25 punts) Es configura un tallafocs ("*Firewall*") a la interfície externa de RA (RA_{ISP}).

#RULE	IN/OUT	SRC IP	SRC port	DST IP	DST port	PROT	ACTION
1	IN	ANY	< 1024	ANY	> 1024	TCP/UDP	ACCEPT
1	OUT	ANY	> 1024	ANY	< 1024	TCP/UDP	ACCEPT
2	IN	ANY		200.200.192.0/20		ICMP	ACCEPT
2	OUT	200.200.192.0/20		ANY		ICMP	ACCEPT
3	IN	ANY	> 1024	200.200.192.0/24	< 1024	TCP	ACCEPT
3	OUT	200.200.192.0/24	< 1024	ANY	> 1024	TCP	ACCEPT
	ANY	ANY	ANY	ANY	ANY	ANY	DENY

Què fa la regla 1? **Qualsevol client intern es pot connectar a servidors externs**

Què fa la regla 2? **Els missatges ICMP (per exemple, ping) només poden anar a les xarxes públiques**

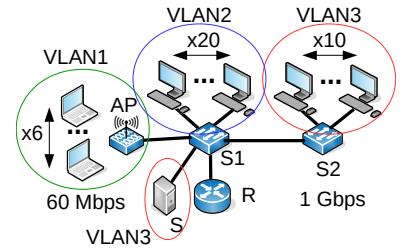
Afegir la regla 3 per tal de permetre l'accés a servidors TCP de la xarxa X1 des de clients externs.

Examen final de Xarxes de Computadors (XC)		Grau en Ingenieria Informàtica		14/1/2021	Tardor 2020
Nom	Cognoms	Grup		DNI	

Duració: 2h45m. El test es recollirà en 25 minuts. Respondre els problemes en el mateix enunciat.

Problema 2 (2.5 punts. La puntuació de tots els apartats és la mateixa.)

S'ha configurat la xarxa de la figura amb 3 VLANs, 36 PCs i 1 servidor S. Tots els enllaços ethernet són d'1 Gbps full duplex. L'AP (access point) està configurat en mode bridge, i té una capacitat de 60 Mbps. És a dir, la suma de les velocitats efectives dels PCs wifi de la VLAN1 pot ser de 60 Mbps, com a màxim. Suposa que tots els PCs estableixen una connexió TCP amb el servidor i envien a la velocitat màxima que els hi permet la xarxa. Totes les connexions TCP anuncien una finestra (awnd) de 60 kbyte ($k=10^3$). El router pot emmagatzemar fins a 1 Mbyte ($M=10^6$).



2.1 Justifica perquè les connexions dels PCs de les VLANs 1 i 2 passaran per el router i les de la VLAN 3 no.

Perquè el servidor està en la VLAN3. El switch aïlla les VLANs, que estan en xarxes IP diferents. Per canviar de VLAN cal passar per un router.

2.2 Digues quina serà, aproximadament, la velocitat efectiva (throughput), v_1 , v_2 , v_3 , que aconseguirà un PC de cadascuna de les VLANs 1, VLAN2 i VLAN3, respectivament. Justifica la resposta, indicant on hi haurà el colls d'ampolla (CA). Dóna el resultat en Mbps.

El CA de la VLAN1 estarà en l'AP: $v_1 = \frac{60 \text{ Mbps}}{6 \text{ PC}} = 10 \text{ Mbps}$

El CA de la VLAN2 i 3 estarà en l'enllaç S-S1 que es repartirà entre l'enllaç S1-R i S1-S2, 500 Mbps cadascun. A més, per l'enllaç S1-R passaran els 60 Mbps de la VLAN1:

$v_2 = \frac{500 - 60 \text{ Mbps}}{20 \text{ PC}} = 22 \text{ Mbps}$, $v_3 = \frac{500 \text{ Mbps}}{10 \text{ PC}} = 50 \text{ Mbps}$

Notar que el switch S1 enviarà trames de pausa per els enllaços S1-R i S1-S2 per acomodar la capacitat d'1 Gbps de l'enllaç S-S1 entre aquest enllaços.

2.3 Justifica perquè hi haurà pèrdues en el router.

De $R \rightarrow S$ només poden baixar 500 Mbps, mentre que $S \rightarrow R$ pot pujar 1 Gbps. Per tant, les finestres de TCP dels PCs de les VLANs 1 i 2 s'acumularan en la cua del router. Si no hi ha pèrdues les 26 connexions que passen per el router augmentaran la finestra fins a awnd, i hi haurà $26 \times 60 \text{ kbyte} = 1.56 \text{ Mbyte} > 1 \text{ Mbyte}$ que pot emmagatzemar el router. Per tant es produiran pèrdues.

Per a respondre les següents preguntes suposa el següent: (i) Les connexions ja fa estona que s'han iniciat i la finestra ha assolit un règim estacionari. (ii) La finestra de totes les connexions que passen per el router segueix una forma periòdica, de període T , com mostra la figura 1. (iii) Fes l'aproximació de que cada vegada que s'omple la cua del router totes les connexions assoleixen la seva finestra màxima (W en la figura 1).

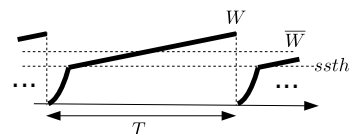


Figura 1

2.4 Amb l'ajuda de l'esbós de la figura 1, calcula aproximadament la relació que hi ha entre la finestra màxima, W , i la finestra mitjana, \bar{W} , d'una connexió que passa per el router.

Tenim que $ssth = \frac{W}{2}$ i $\bar{W} = \frac{W + ssth}{2} = \frac{W + W/2}{2} = \frac{3}{4}W$.

2.5 Justifica perquè l'RTT màxim de totes les connexions TCP que passen per el router serà el mateix.

El retard serà el temps des de que un segment arriba a la cua del router fins que es transmet. El retard màxim serà el que veurà un segment que arriba i deixa la cua del router plena. Per tant, el retard màxim de totes les connexions que passen per el router serà el mateix, i es produirà quan la cua del router està plena.

2.6 Calcula aproximadament quin serà el *round trip time* màxim, RTT , d'una de les connexions TCP que passen per el router. Dóna el resultat en ms.

Com que el router té una cua d'1 Mbyte i transmet en mitjana a 500 Mbps, el retard quan la cua està plena és de:

$$RTT = \frac{1 \text{ Mbyte}}{500 \text{ Mbps}} = \frac{8 \times 10^6}{500 \times 10^3} = 16 \text{ ms}$$

2.7 Justifica perquè la mitjana de l' RTT , \overline{RTT} , de les connexions que passen per el router serà aproximadament $\overline{RTT} \approx 3/4 RTT$, on RTT és l' RTT màxim, i calcula \overline{RTT} de les connexions que passen per el router. Dóna el resultat en ms.

Perquè la finestra d'aquestes connexions s'emmagatzema en la cua del router. Per tant, l'ocupació de la cua del router i el retard en la cua, que és proporcional a l'ocupació, també seguirà aproximadament la forma de la figura 1, d'on:

$$\overline{RTT} \approx \frac{3}{4} RTT = \frac{3}{4} 16 \text{ ms} = 12 \text{ ms}$$

2.8 Calcula aproximadament quina serà la finestra mitjana, \overline{W}_1 , \overline{W}_2 , d'una connexió de la VLAN1 i 2 respectivament. Dóna el resultat en kbytes.

Com que $v_{ef} = \overline{W}/\overline{RTT}$, tenim que:

$$\overline{W}_1 = v_1 \overline{RTT}_1 = 10 \text{ Mbps} \times 12 \text{ ms} \times \frac{1 \text{ byte}}{8 \text{ bits}} = 15 \text{ kbyte}$$

$$\overline{W}_2 = v_2 \overline{RTT}_2 = 22 \text{ Mbps} \times 12 \text{ ms} \times \frac{1 \text{ byte}}{8 \text{ bits}} = 33 \text{ kbyte}$$

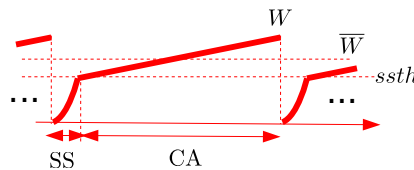
2.9 Justifica si les connexions de la VLAN3 tindran o no pèrdues, i digues quina serà la finestra màxima i mitjana W_3 i \overline{W}_3 respectivament. Dóna el resultat en kbytes.

Les connexions de la VLAN3 no passen per el router. Per tant, no tindran pèrdues i la seva finestra serà constant i igual a $awnd$:

$$W_3 = \overline{W}_3 = awnd = 60 \text{ kbyte}.$$

2.10 Fes un esbós com el de la figura 1 mostrant l'evolució de la finestra per a una de les connexions que passen per el router, indicant les fases on la finestra està en *slow start*, SS, i *congestion avoidance*, CA.

L'esbós mostra l'evolució de la finestra de congestió, $cwnd$. TCP està en SS quan $cwnd < ssth$ i en CA quan $cwnd \geq ssth$. Per tant:



2.11 Suposa que les connexions TCP fan servir $MSS = 1460$ bytes. Calcula aproximadament la duració de la fase de *congestion avoidance*, T_{CA} , per a cada període T que mostra la figura 1, per a una connexió de la VLAN1. Dóna el resultat en ms.

Durant CA la finestra augmenta aproximadament 1 segment per a cada RTT . Per tant, la duració del CA en $RTTs$ és aproximadament igual a l'increment de la finestra en segments. Durant CA la finestra s'incrementa entre $ssth = W/2$ i W , és a dir $W/2$. Per la VLAN1

$$W_1 = \frac{4}{3} \overline{W}_1 = \frac{4}{3} 15 \text{ kbyte} = 20 \text{ kbyte}$$

Per tant la finestra s'incrementa en:

$$(W_1/2)/MSS = (20 \text{ kbyte}/2)/(1460 \text{ bytes}) \approx 6.8 \text{ segments}.$$

i la duració del CA serà:

$$T_{CA} \approx 6.8 \text{ segments} \times \overline{RTT}_1 = 6.8 \text{ segments} \times 12 \text{ ms} = 81.6 \text{ ms}.$$

Examen Final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		14/1/2021	Tardor 2020
NOM (MAJÚSCULES):	COGNOMS (MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI:

Duració: 2h45m total. El test es recollirà en 25 minuts. Respondre en el mateix enunciat.

Problema 3 (2 punts)

Un usuari a la UPC descarrega una pàgina web de servidors HTTP 1.1 al seu PC client.upc.edu amb un navegador web. Cada domini té un servidor web i DNS a la mateixa ubicació i la latència (en un sentit) entre cadascun d'ells és de 5 ms. Per tant, la latència de client.upc.edu a cada servidor (el temps per arribar a cada servidor en un sentit) és:

DNS	ns.upc.edu	ns.d1.eu	ns.d2.eu	ns.eu	a.root-servers.net
Web	w.upc.edu	w.d1.eu	w.d2.eu	w.eu	w.root-servers.net
Latència (ms) des del client	5	10	15	20	25

Suposem que:

Totes les memòries cau (cache) web i DNS estan buides inicialment. Tots els recursos (RR) tenen TTL més llarg que el període d'observació.

El servidor DNS local fa resolució recursiva, la resta de servidors DNS només iterativa.

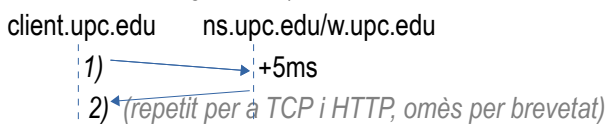
El navegador del client manté les connexions obertes durant alguns segons, i utilitzarà la millor estratègia per minimitzar el temps de resposta i fer connexions concurrents.

Cada petició o resposta DNS, sol·licitud HTTP i resposta HTML cap en un sol segment TCP i no triga més temps per sobre de l'RTT. Cada fitxer JPG triga 10 ms a descarregar-se (del primer a l'últim byte de la resposta).

El tràfic de xarxa, càrrega del servidor o pèrdues de paquets tenen un impacte insignificant en el retard.

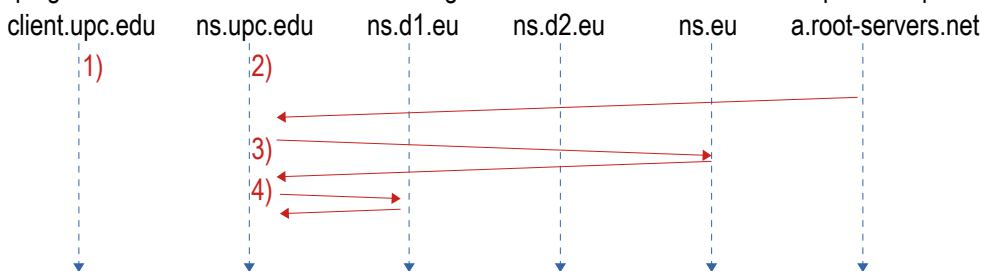
Els valors d'adreces IP es poden expressar com a @nom: per exemple @w.eu representa l'adreça IP del host w.eu.

Notació per a diagrames: (a partir d'un exemple per descarregar des de client.upc.edu la pàgina d'inici a w.upc.edu)



Prot	Origen IP	Destí IP	Operació	Recurs	Valor/comentari	Latència
DNS	@client	@ns.upc.edu	A?	w.upc.edu	1)	5 (anada)
DNS	@ns.upc.edu	@client	A	w.upc.edu	w.upc.edu CNAME w.upc.es; w.upc.es A @w.upc.es 2)	5
TCP	@client	@w.upc.edu	SYN		Tot consecutiu després de l'anterior	5
TCP	@w.upc.edu	@client	SYN, ACK			5
HTTP	@client	@w.upc.edu	GET?	«/»		5
HTTP	@w.upc.edu	@client	GET	«index.html»	CONTENT, 1 segment, no temps extra	5

A) (0,75 punts) Quins serien els passos i recursos (A, NS) necessaris per resoldre el nom DNS de la comanda "ping w.d1.eu" en el client? Dibuixa el diagrama d'interaccions de xarxa i després completa la taula amb els detalls.



Prot	Origen IP	Destí IP	Operació	Recurs	Valor/comentari	Latència
DNS	@client.upc.edu	@ns.upc.edu	A?	w.d1.eu	1) (recursive)	5
DNS	@ns.upc.edu	@a.root-servers.net	A?	w.d1.eu	2)	20
DNS	@root	@ns.upc.edu	A	w.d1.eu	eu NS @ns.eu; ns.eu A @ns.eu	20
DNS	@ns.upc.edu	@ns.eu	A?	w.d1.eu	3)	15
DNS	@ns.eu	@ns.upc.edu	A	w.d1.eu	d1.eu NS ns.d1.eu; ns.d1.eu A @ns.d1.eu	15
DNS	@ns.upc.edu	@ns.d1.eu	A?	w.d1.eu	4)	5
DNS	@ns.d1.eu	@ns.upc.edu	A	w.d1.eu	w.d1.eu A @w.d1.eu	5
DNS	@ns.upc.edu	@client	A	w.d1.eu	w.d1.eu A @w.d1.eu (recursive)	5

B) (0,25 punts) Quin seria el temps de resposta total observat per client.upc.edu per a la resolució anterior?
Mostra la contribució a la latència per a cada pas i el valor total.

5+ 20*2 + 15*2 + 5*2 + 5. Total: 90 ms.

C) (0,75 punts) Just després, el navegador web visita la pàgina <http://w.d1.eu>. La pàgina conté dues imatges incrustades així: “<html> </html>”

Dibuixa el diagrama d'interaccions de xarxa (considerant DNS, TCP, HTTP) i després completa la taula amb els detalls.

	client.upc.edu	ns.upc.edu	ns.d1.eu	ns.d2.eu	ns.eu	a.root-servers.net
		w.upc.edu	w.d1.eu	w.d2.eu	www.eu	www.root-servers.net

Prot	Origen IP	Destí IP	Operació	Recurs	Valor/comentari	Latència
TCP	@client	@w.d1.eu	SYN		1) no petició DNS, registre A a caché client	10
TCP	@w.d1.eu	@client	ACK SYN		2)	10
HTTP	@client	@w.d1.eu	GET?	/	3)	10
HTTP	@w.d1.eu	@client	GET	/	<html><img ... 4)	10
HTTP	@client	@w.d1.eu	GET?	/i.jpg	5)	10
HTTP	@w.d1.eu	@client	GET	i.jpg	CONTINGUT després de 5) + 10 ms for 10 ms	10+10
DNS	@client	@ns.upc.edu	A?	w.d2.eu	Concurrent amb 5) → 6)	5
DNS	@ns.upc.edu	@ns.eu	A?	w.d2.eu	+15 ms després de 6)	15
DNS	@ns.eu	@ns.upc.edu	A	ns.d2.eu	d2.eu NS ns.d2.eu; ns.d2.eu A @ns.d2.eu	15
DNS	@ns.upc.edu	@ns.d2.eu	A?	w.d2.eu		10
DNS	@ns.d2.eu	@ns.upc.edu	A	w.d2.eu	w.d2.eu A @w.d2.eu	10
DNS	@ns.upc.edu	@client	A	d2.eu	w.d2.eu A @w.d2.eu	5
TCP	@client	@w.d2.eu	SYN		7)	15
TCP	@w.d2.eu	@client	ACK SYN			15
HTTP	@client	@w.d2.eu	GET?	/i.jpg	8)	15
HTTP	@w.d2.eu	@client	GET	/i.jpg	CONTINGUT després de 8) + 15 ms + 10 ms	15+10

D) (0,25 punts) Quin seria el temps total de descàrrega de l'últim byte de la pàgina observat per client.upc.edu?
Mostra la contribució de latència de cada element i el total. Recorda que algunes interaccions poden ser concurrents, i que la descàrrega de JPG pren 10 ms extra.

Després de descarregar w.d1.eu/ (TCP 10*2 + HTTP 10*2 = 40) dos fils:

1) la descàrrega de w.d1.eu/i.jpg: GET 10*2 + 10 = 30

2) la descàrrega de w.d2.eu/i.jpg: DNS w.d2.eu (5+2*15+2*10+5) + GET 15*2+10 = 100

El camí més llarg és 40 + 100 = 140 ms