

| Examen Final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica |                       | 11/1/2022 | Tardor 2021 |
|--|-----------------------|-----------|-------------|
| NOM (MAJÚSCULES):  | COGNOMS (MAJÚSCULES): | GRUP:     | DNI:        |

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

### Test (2,5 punts)

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

1. Tenim el rang d'adreces privat 100.64.0.0/10, reservada per NAT entre ISP i subscriptors (Carrier-grade) que correspon a:

- ☒  $2^{22}$  direccions (més de 4 milions d'adreces).
- ☐  $2^{22}$  clients (una adreça /32 a cadascun).
- ☒  $2^{28}$  clients amb PAT si cada usuari té un màxim de 64 ports.
- ☐  $2^{32}$  clients amb PAT si cada usuari té un màxim de 64 ports.

2. Sobre el protocol IPv4:

- ☒ La capçalera té com a mínim 20 bytes.
- ☐ La capçalera té un checksum per detectar errors a tot el paquet.
- ☐ No es pot enviar un paquet IP més gran que la MTU de la xarxa.
- ☒ Un paquet IP més gran de la MTU es pot enviar fragmentat.

3. Sobre els protocols de suport a IP:

- ☒ DHCP utilitza la capacitat d'enviar a tota una Ethernet per descobrir la IP per assignar a un host client.
- ☐ ARP utilitza la capacitat d'enviar a tota una Ethernet per descobrir la IP corresponent a un host.
- ☐ DHCP utilitza la capacitat d'enviar a tota una Ethernet per descobrir l'adreça MAC corresponent a un host client.
- ☒ ARP utilitza la capacitat d'enviar a tota una Ethernet per descobrir l'adreça MAC corresponent a un host.

4. Tenim una xarxa local amb un switch gigabit amb control de flux activat que connecta 3 clients i un servidor:

- ☒ Quan els clients envien a la màxima velocitat cap al servidor, les trames de pausa eviten pèrdues a la xarxa.
- ☐ Quan els clients envien a la màxima velocitat cap al servidor, les trames de pausa causen pèrdues a la xarxa.
- ☐ Quan el servidor envia trànsit la màxima velocitat cap als clients, les trames de pausa causen pèrdues a la xarxa.
- ☐ Quan el servidor envia trànsit a la màxima velocitat cap als clients, les trames de pausa eviten pèrdues a la xarxa.

5. Sobre xarxes locals, el protocol spanning-tree a una xarxa local:

- ☐ Permet sumar alhora la capacitat de tots els enllaços de la xarxa local que connecten tots els switchos.
- ☒ Permet triar aquells enllaços de la xarxa local que formen un conjunt mínim que connecten tots els switchos evitant bucles.
- ☒ Permet reconfigurar la xarxa local quan un enllaç deixa d'estar actiu i per tant tolerar fallades.
- ☐ Troba el camí més curt entre dos dispositius.

6. Sobre UDP:

- ☐ Lliura els paquets en ordre.
- ☒ Detecta errors a la capçalera i al contingut (payload).
- ☐ Detecta pèrdues de segments.
- ☐ Inclou números de seqüència d'un segment.

7. Sobre TCP: Si tenim dos hosts en una xarxa amb una latència (temps d'anada i tornada) entre ells no inferior a 100 ms, i una velocitat de comunicació no major de 50 Mbps. El valor de la finestra òptima és:

- ☐ 500 Mbits.
- ☐ 62.5 Mbytes.
- ☒ 625 Kbytes.
- ☐ 50 Mbits.

8. Sobre el protocol TCP:

- ☐ El camp "advertised window" de la capçalera va variant en funció de la congestió de la xarxa.
- ☐ El camp "congestion window" de la capçalera va variant en funció de la congestió de la xarxa.
- ☐ Si es perd un segment també es perden els següents.
- ☒ Un segment de dades en un sentit pot incloure confirmació de dades en sentit contrari.

9. Sobre protocols d'aplicació:

- ☒ Amb MIME, els protocols SMTP i HTTP poden intercanviar missatges que contenen objectes de tipus i formats diversos.
- ☒ Amb MIME, els protocols SMTP i HTTP poden enviar missatges de text etiquetats amb el joc de caràcters emprat.
- ☒ Un servidor HTTP proxy pot agrupar clients o servidors HTTP i reduir la càrrega de trànsit gràcies a una memòria cau.
- ☒ A la capçalera HTTP es pot indicar a l'altra part si es vol o no mantenir la connexió TCP oberta després d'enviar un objecte.

10. Sobre caràcters:

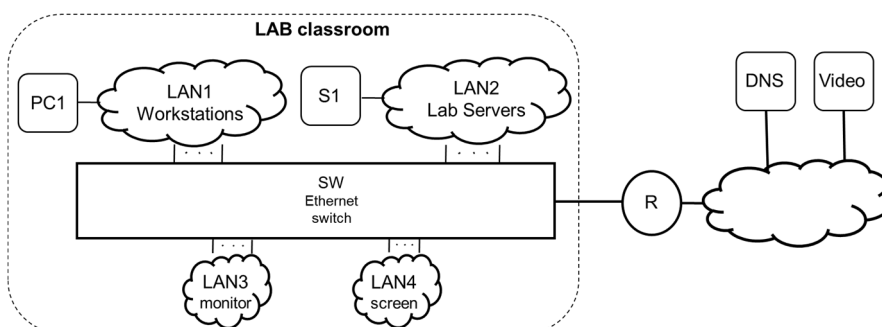
- ☒ Amb UTF-8 un caràcter poden ocupar de 1 a 4 octets.
- ☒ El caràcter "A" es codifica igual a ASCII que a UTF-8.
- ☐ El caràcter "Ä" es codifica igual a ASCII que a UTF-8.
- ☒ Unicode pot representar més de 100.000 caràcters.

|  |                          |            |             |
|--|--------------------------|------------|-------------|
| Examen final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica |                          | 11/01/2022 | Tardor 2021 |
| NOM (en MAJÚSCULES):   | COGNOMS (en MAJÚSCULES): | DNI/NIE:   |             |

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

### Problema 1 (3,5 punts)

La figura mostra la configuració d'una aula de laboratori on hi ha llocs de treball (LAN1), servidors per donar suport als treballs dels laboratoris (LAN2), un PC de monitorització pel professor (LAN3) i una pantalla IP per a vídeo (LAN4). Cada laboratori disposa d'un commutador Ethernet (SW) on es configuren les 4 xarxes locals virtuals (VLAN) i l'adreçament proposat per a cada aula és 192.168.aula.0/24. El router R dona servei a més de 40 laboratoris amb la mateixa configuració.



a) Es proposa utilitzar un commutador de 64 ports a 100Mbps per a cada laboratori. Hi ha 5 servidors, un únic monitor i una única pantalla, però es vol mantenir les 4 subxarxes independents (4 VLANs). Es demana definir l'adreçament assignat a cada xarxa i determinar el nombre màxim de llocs de treball que es pot tenir amb aquesta configuració.

|       | hosts | Màscara de xarxa | Adreçament          |                       |
|-------|-------|------------------|---------------------|-----------------------|
| VLAN1 | 56*   | /25              | 192.168.aula.0/25   | (192.168.aula.0/26)** |
| VLAN2 | 5     | /29              | 192.168.aula.128/29 | (192.168.aula.64/29)  |
| VLAN3 | 1     | /30              | 192.168.aula.136/30 | (192.168.aula.72/30)  |
| VLAN4 | 1     | /30              | 192.168.aula.140/30 | (192.168.aula.76/30)  |

\* Si a cada port s'hi posa Hubs o AP es poden posar 125 dispositius.

\*\* Hi ha més solucions vàlides

b) Es posa en marxa el PC1 i s'inicia el procés d'autoconfiguració. El router és el servidor de DHCP.

Determina la seqüència de datagrames IP que rep i envia el router R.

| IP origen | IP destinació   | DHCP     |
|-----------|-----------------|----------|
| 0.0.0.0   | 255.255.255.255 | discover |
| R         | 255.255.255.255 | offer    |
| 0.0.0.0   | 255.255.255.255 | request  |
| R         | 255.255.255.255 | ack      |

c) La configuració que obté PC1 és: 192.168.1.2; router per defecte (gw): 192.168.1.1; DNS: 147.83.3.3. El PC1 inicia una connexió TCP amb el servidor s1-aula.fib.upc.edu. Completa la seqüència de trames i datagrames que passen per l'enllaç entre el commutador Ethernet i el router fins que PC1 rep el SYN/ACK. El router R ja té la informació a la taula ARP de tots els servidors.

Notació: majúscules per les adreces IP i minúscules per les adreces Ethernet (MAC). Exemple: PC1, pc1.

| Ethernet |            | ARP     |          | IP     |            |          |                        |
|----------|------------|---------|----------|--------|------------|----------|------------------------|
| Origen   | Destinació | Comanda | Missatge | Origen | Destinació | Protocol | Contingut              |
| pc1      | FF...FF    | REQ     | R?       |        |            |          |                        |
| r        | pc1        | RESP    | R -> r   |        |            |          |                        |
| pc1      | r          |         |          | PC1    | DNS        | UDP      | s1-aula.fib.upc.edu A? |
| r        | pc1        |         |          | DNS    | PC1        | UDP      | DNS A=S1               |
| pc1      | r          |         |          | PC1    | S1         | TCP      | SYN                    |
| r        | s1         |         |          | PC1    | S1         | TCP      | SYN                    |
| s1       | r          |         |          | S1     | PC1        | TCP      | SYN/ACK                |
| r        | pc1        |         |          | S1     | PC1        | TCP      | SYN/ACK                |

d) El router R fa PNAT i l'adreça IP externa és R1. En referència a l'apartat anterior, quin és el datagrama IP que rep el servidor de DNS extern?

| @origen      | @destinació | Protocol | Port origen | Port destinació | missatge                      |
|--------------|-------------|----------|-------------|-----------------|-------------------------------|
| R1<br>(PNAT) | DNS         | UDP      | port PNAT   | 53              | DNS A?<br>S1-aula.fib.upc.edu |

e) Completar les regles de filtratge de la llista de control d'accés (ACL) de la interfície interna del router de sortida cap al commutador per tal de permetre les comunicacions següents.

- 1) els servidors poden rebre només connexions *ssh* (port 22) des de l'exterior.
- 2) els PCs (LAN1) només tenen accés com a client als servidors de LAN2.
- 3) els PCs (LAN1) tenen accés al servidor DNS extern (port 53).
- 4) el monitor del professor (LAN3) té accés als PCs (LAN1) i als servidors (LAN2)
- 5) el monitor del professor (LAN3) és accessible des de fora amb *ssh* (port 22).
- 6) la pantalla (LAN4) es connecta només com a client.

| Regla | @origen   | Port origen | @destinació | Port destinació | Protocol | Acció  |
|-------|-----------|-------------|-------------|-----------------|----------|--------|
| 1     | ANY       | >1024       | LAN2        | 22              | TCP      | ACCEPT |
| 2     | LAN1      | >1024       | LAN2        | <1024           | TCP      | ACCEPT |
| 3     | ANY (DNS) | 53          | LAN1        | >1024           | UDP      | ACCEPT |
| 4     | LAN3      | ANY         | LAN1+LAN2   | ANY             | TCP      | ACCEPT |
| 5     | ANY       | >1024       | LAN3        | 22              | TCP      | ACCEPT |
| 6     | ANY       | <1024       | LAN4        | >1024           | TCP      | ACCEPT |
|       | ANY       | ANY         | ANY         | ANY             | ANY      | DENY   |

f) L'aula 37 és una aula remota en un altre campus i té la mateixa configuració, amb el commutador (SW) i les 4 VLAN. Es configura un túnel IPinIP des de la interfície externa de R (R1) al router remot R2. Des del monitor de l'aula 1 (192.168.1.138) s'estableix una connexió *ssh* amb el monitor de l'aula remota (192.168.37.138). Completar els camps de les capçaleres IP d'un datagrama en Internet que va del monitor de l'aula 1 al de la 37.

| @origen | @destinació | protocol | @origen       | @destinació    | protocol |
|---------|-------------|----------|---------------|----------------|----------|
| R1      | R2          | IPinIP   | 192.168.1.138 | 192.168.37.138 | TCP      |

g) Si 50 PCs envien dades tots a la vegada cap al servidor S1 de l'aula, quina velocitat efectiva poden assolir? Hi ha algun coll d'ampolla? Si és així, com s'aplica el control del flux?

50 PCs a 100Mbps generen 5000Mbps. L'enllaç SW-router és de 100Mbps. El commutador aplica control de flux amb trames de pausa cap als PC i limita la velocitat efectiva de cada PC a  $100/50=2$ Mbps.

h) Si a més el servidor S1 envia dades als 50 PCs, quina velocitat efectiva rep cada PC? Hi ha algun coll d'ampolla? Si és així, com s'aplica el control del flux?

Hi ha coll d'ampolla entre SW-R. Reparteix els 100Mbps cap al router entre 51 ports (50 PC + S1).

Cada PC transmetrà 1,96Mbps i rebrà 0,039Mbps (40Kbps) de S1. S1 pot transmetre només 1,96Mbps.

|  |                       |           |             |
|--|-----------------------|-----------|-------------|
| Examen Final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica |                       | 11/1/2022 | Tardor 2021 |
| NOM (MAJÚSCULES):  | COGNOMS (MAJÚSCULES): | GRUP:     | DNI:        |

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

### Problema 2 (2,5 punts)

Suposem una Internet no congestionada.

Totes les connexions són de 1 Gb/s full-duplex.

El switch fa control de flux.

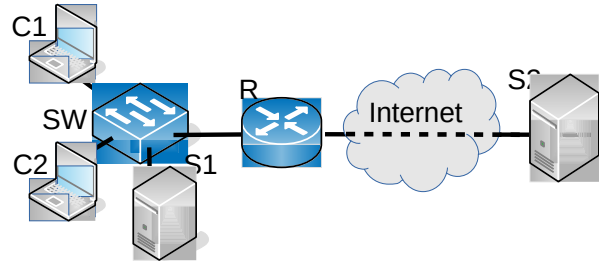
RTT mínim: C-S1 o C-R = 1ms, C-S2 = 50ms.

Les cues del router tenen una mida de 10 KB.

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) =  $1 \text{ Gb/s} * 1 \text{ ms} / 8 = 125 \text{ KB}$

C-S2: Wopt (Bytes) =  $1 \text{ Gb/s} * 50 \text{ ms} / 8 = 6,25 \text{ MB}$

b) Determinar la velocitat màxima 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) =  $\text{awnd} / \text{RTT} = 10^5 * 8 / 0.001 = 800 \text{ Mb/s}$

C-S2: Vmax (Mb/s) =  $10^5 * 8 / 0.050 = 16 \text{ Mb/s}$

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? **S1-Sw < 1 Gb/s.**

En quin estat estan (SS, CA) les connexions TCP al final de la transferència? C1-S1: **SS** C2-S1: **SS**

C1-S1: Vef (Mb/s) =  $\min(\text{awnd} / \text{RTT}, 1000 / 2) = \min(10^5 * 8 / 0.001, 500) = 500 \text{ Mb/s}$

C2-S1: Vef (Mb/s) = **idem**

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? **La limitació continua en awnd, que amb RTT=50ms només permet arribar 16Mbps.**

En quin estat estan (SS, CA) les connexions TCP al final de la transferència? C1-S2: **SS** C2-S2: **SS** (no hi ha pèrdues en R)

Quin retard introdueix la cua del router? **La cua del router R està bàsicament buida. Els paquets d'awnd estan en les cues dels routers (o el cable) que introdueixen el retard de 50ms. Notar que perquè s'ompli la cua del router R l'enllaç ha d'estar saturat (hauria de transmetre a 100 Mbps)**

C1-S2: Vef (Mb/s) = **16 Mbps**

C2-S2: Vef (Mb/s) = **idem**

|  |                       |           |             |
|--|-----------------------|-----------|-------------|
| Examen Final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica |                       | 11/1/2022 | Tardor 2021 |
| NOM (MAJÚSCULES):  | COGNOMS (MAJÚSCULES): | GRUP:     | DNI:        |

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

### Problema 3 (1,5 punts)

A tots els PC del laboratori d'XC es fa servir un navegador configurat amb un host intermig amb IP 147.83.32.1 que fa de servidor proxy HTTP per accedir a la web.

El professor visita la web <http://w.uoc.edu/> i proposa als estudiants que la visitin a continuació als seus PC.

Assumpcions:

- 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 <a href="http://w.uoc.edu/">http://w.uoc.edu/</a> →<br>← 200 Ok + HTML                | GET / →<br>← 200 Ok + HTML        | 2+1<br>+20+10<br>+10+3+1+3 | Establiment TCP PC→proxy (2) +HTTP GET→proxy (1)<br>+Establiment TCP Proxy→w (20) + HTTP GET→w (10)<br>+Resposta HTTP HTML w → (10+3) proxy → PC (1+3) |
| PC     | GET <a href="http://w.uoc.edu/logo.png">http://w.uoc.edu/logo.png</a> →<br>← 200 Ok + PNG | GET /logo.png →<br>← 200 Ok + PNG | 1+10<br>+10+3+1+3          | HTTP GET PNG aprofitant connexió TCP (persistent)<br>PC → (1) proxy → (10) w<br>+ 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)  |
|--------|---|---|-------------------------|---|
| PC     | GET <a href="http://w.uoc.edu/">http://w.uoc.edu/</a> →<br>← 200 Ok + HTML                | GET /<br>If-None-Match:"tag"→<br>← 304 Not modified         | 2+1<br>+10<br>+10+0+1+3 | Establiment TCP PC→proxy (2) +HTTP GET→proxy (1)<br>+ HTTP GET <i>condicional</i> →w (10) + Resposta HTTP<br>"304 Not modified" w → (10+0) proxy → PC (1+3) |
| PC     | GET <a href="http://w.uoc.edu/logo.png">http://w.uoc.edu/logo.png</a> →<br>← 200 Ok + PNG | GET /logo.png<br>If-None-Match:"tag"→<br>← 304 Not modified | 1+10<br>+10+0<br>+1+3   | HTTP GET PNG aprofitant TCP anterior+GET (1+10),<br>resposta amb PNG "Not modified" w→proxy (10+0),<br>només transferència entre proxy → PC (1+3)           |
| TOTAL  |   |   | 52                      |   |

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)                             |
|--------|---|---|-------------------------|---|
| PC     | GET <a href="http://w.uoc.edu/">http://w.uoc.edu/</a> →<br>← 200 Ok + HTML                | GET /<br>If-None-Match:"tag"→<br>← 200 Ok + HTML        | 2+1<br>+10<br>+10+3+1+3 | Idem apartat a) + HTML canviat:<br>servidor w → (+3) proxy → PC                   |
| PC     | GET <a href="http://w.uoc.edu/logo.png">http://w.uoc.edu/logo.png</a> →<br>← 200 Ok + PNG | GET /logo.png<br>If-None-Match:"tag"→<br>← 200 Ok + PNG | 1+10<br>+10+3<br>+1+3   | Idem apartat a) excepte transferència IMG canviat<br>servidor w → (+3) proxy → PC |
| TOTAL  |   |   | 58                      |   |