

Examen final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		15/01/2019	Tardor 2018
NOM (en MAJÚSCULES):	COGNOMS (en MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI:

Duració: 2h 45 minuts. El test es recollirà en 30 minuts.

Test. 3 punts.

Las preguntas pueden ser Respuesta Única (RU) o Multirespuesta (MR).

- Una respuesta RU correcta cuenta 0.3 puntos, 0 si hay un error.
- Una respuesta MR correcta cuenta 0.4 puntos, una parcialmente correcta (es decir un solo error) 0.2 puntos, 0 si hay 2 o más errores. En una pregunta MR siempre hay por lo menos una respuesta cierta.

1. **RU.** Identifica el orden correcto de capas del modelo ISO/OSI a partir de la capa más baja

- ☐ Interfaz de red, Red, Transporte, Aplicación de red
☐ Físico, Enlace, Transporte, Red, Presentación, Sesión, Aplicación
☒ Físico, Enlace, Red, Transporte, Sesión, Presentación, Aplicación
☐ Físico, Interfaz, Red, Transporte, Presentación, Aplicación
☐ Interfaz de red, Red, Sesión, Transporte, Aplicación de red

2. **MR.** Marca la o las afirmaciones correctas.

- ☐ MTU path discovery es un mecanismo que permite descubrir la ruta entre un origen y un destino
☒ Un ARP gratuito permite descubrir direcciones IP duplicadas
☒ Los ICMP echo request y echo reply se usan para verificar la conectividad entre un origen y un destino
☒ DHCP puede asignar una ruta por defecto a un host

3. **MR.** Marca la o las afirmaciones correctas

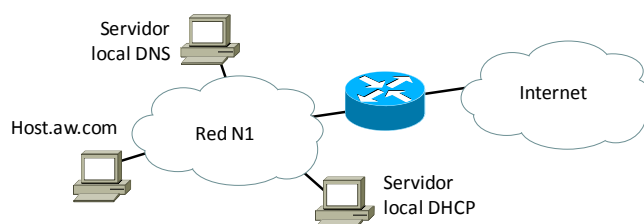
- ☐ 101.11.10.255/23 es una dirección de broadcast
☐ 172.15.0.1/24 es una dirección IP privada
☐ 200.10.10.131/27 y 200.10.10.161/27 pertenecen a la misma red
☒ Con mascara 255.255.255.192, hay 6 bits para el hostID

4. **MR.** Marca la o las afirmaciones correctas acerca de WLAN 802.11

- ☐ En la cabecera de la trama MAC hay solo 2 direcciones, MAC origen y MAC destino
☒ El protocolo MAC se llama CSMA/CA.
☒ Usa un protocolo MAC aleatorio
☐ Un host escucha el medio cuando transmite una trama para asegurarse que no haya colisiones

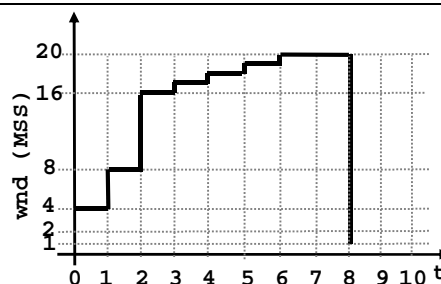
5. **MR.** El host de la figura hace un ping a www.aw.com. Las caches DNS están vacías y todos los equipos están bien configurados. Identificar la o las afirmaciones correctas

- ☐ El servidor DNS resolverá el nombre contactando las autoridades Root-Server, .com y aw.com en este orden
☒ Por la red N1 pasarán 2 mensajes DNS
☒ El host hará una petición recursiva
☐ Por Internet pasarán 6 mensajes DNS



6. **MR.** Un cliente y un servidor tienen una conexión TCP abierta. Se sabe que el MSS es de 600 bytes, el RTT es de 10 ms, el RTO de 20 ms y $awnd = 15000$ bytes. En la figura se cuentan los ciclos RTT a partir de un momento cualquiera indicado como 0. Marca la o las afirmaciones correctas

- ☒ El valor de $cwnd$ en el tiempo 11 será de 4800 bytes
☒ El valor de $ssthresh$ del tiempo 0 al tiempo 7 es de aprox. 16 MSS
☐ Entre el tiempo 2 y 6 se ha usado Slow Start
☒ El valor de $ssthresh$ en el tiempo 9 será de 6000 bytes



7. **MR.** Un switch de 4 puertos conecta 4 hubs que a su vez conectan 3 estaciones cada uno (por un total de 12 estaciones). No se usa VLAN

- ☐ Solo puede transmitir una trama simultáneamente sin colisionar una estación a la vez
☐ Hay 12 dominios de colisión
☒ Los 12 hosts pertenecen a la misma red
☐ Una trama en broadcast es recibida exclusivamente por las estaciones conectadas al mismo hub del origen
☒ Pueden transmitir una trama simultáneamente sin colisionar hasta 4 estaciones a la vez

8. **RU.** MIME es

- ☐ Un protocolo para descargar correos en los hosts
☐ Un método usado por SMTP para enviar correos en copia oculta
☒ Un estándar que permite enviar correos usando codificaciones de texto diferentes de ASCII y adjuntar ficheros en cualquier formato
☐ Un mecanismo que permite mantener los correos en un servidor y acceder a ellos desde cualquier dispositivo

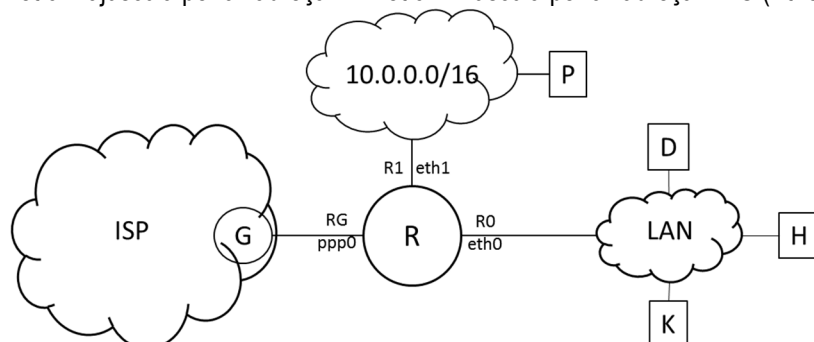
Examen final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		15/01/2019	Tardor 2018
NOM (en MAJÚSCULES):	COGNOMS (en MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI:

Duració: 2h 45 minuts. El test es recollirà en 30 minuts.

Problema 1 (2'5 punts).

La xarxa local (LAN) de la figura té adreçament privat. D és el servidor local de DNS, el router R fa de servidor de DHCP, H és el servidor web (HTTP) i K és un dispositiu de la xarxa. Tots els dispositius estan correctament configurats i en marxa, a excepció de K que està apagat inicialment.

La notació és: lletra majúscula per a l'adreça IP i lletra minúscula per a l'adreça MAC (Ethernet).



a) (0'25 punts) Completar la seqüència de trames Ethernet i paquets IP que es transmetran per la xarxa local al posar en marxa K per obtenir la seva configuració.

Ethernet		IP		
src	dst	src	dst	payload
k	FF:FF:FF:FF:FF:FF	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP Discover
r	FF:FF:FF:FF:FF:FF	R	255.255.255.255	DHCP Offer
k	FF:FF:FF:FF:FF:FF	K	255.255.255.255	DHCP Request
r	FF:FF:FF:FF:FF:FF	R	255.255.255.255	DHCP ACK

Un cop completada la configuració, el dispositiu K coneix la seva adreça IP (K), la del servidor de DNS (D) i la del router per defecte (R).

b) (0'5 punts) Completar la seqüència de trames i paquets quan des de K s'executa la comanda "ping www.domini", on www és el servidor HTTP del propi domini, és a dir, H, fins es rep la primera resposta.

Ethernet		ARP		IP		
src	dst	Q/R	message	src	dst	Payload
k	bcast	Q	ARP D?			
d	k	R	ARP D = d			
k	d			K	D	DNS Q www.domini
d	k			D	K	DNS R www.domini = H
k	bcast	Q	ARP H?			
h	k	R	ARP H = h			
k	h			K	H	ICMP echo request
h	k			H	K	ICMP echo response

La taula d'encaminament del router R és la següent:

Destination	Gateway	interface
192.168.168.0/24 (LAN)	----	eth0
10.0.0.0/16	----	eth1
11.11.0.0/16	10.0.0.11	eth1
G/32 (ISP)	----	ppp0
0.0.0.0/0	G	ppp0

c) (0'5 punts) Suposem que l'adreça IP de les interfícies dels routers és la primera del rang d'adreces. És a dir, la interfície R0 té l'adreça 192.168.168.1. La comanda *traceroute* permet descobrir la seqüència de routers entre l'origen i la destinació.

Des del dispositiu K (xarxa privada) s'executa la comanda "*traceroute 11.11.11.11*". Determinar la seqüència de dispositius i interfícies que identificarà el *traceroute*.

R0(192.168.168.1) – 10.0.0.11 – 11.11.11.11

De del dispositiu amb adreça 11.11.11.11 s'executa la comanda "*traceroute K*".

Determinar la seqüència de dispositius i interfícies que identificarà el *traceroute*.

11.11.0.1 – R1(10.0.0.1) - K

d) (0'5 punts) Des del dispositiu K s'executa la comanda "*ping U*". Suposem que U es l'adreça d'un servidor extern. Completar la seqüència de datagrames que passen per R indicant les interfícies d'entrada i sortida corresponents. Cal tenir en compte que el router fa NAT.

Interface	In/Out	Src IP address	Dst IP address	payload
eth0	in	K	U	ICMP echo request
ppp0	out	RG	U	ICMP echo request
ppp0	in	U	RG	ICMP echo reply
eth0	out	U	K	ICMP echo reply

Quina interfície del router R fa NAT ? RG

e) (0'25 punts) Per tal de poder connectar una xarxa LAN remota (192.168.200.0/24) es configura un túnel des del router remot (RR) fins al router R (interfície RG). Completar les entrades que s'afegeixen a la taula d'encaminament del router R:

Destination	Gateway	interface
192.168.0.0/30		tun0
192.168.200.0/24	192.168.0.2	tun0

f) (0'5 punts) Completar les regles del tallafocs ("*Firewall*") de la interfície RG per tal que s'apliquen les condicions següents: 1) Els clients de LAN poden accedir a servidors externs; 2) el servidor web (H) ha de ser accessible des d'Internet; 3) el servidor de DNS (D) ha de poder resoldre noms de qualsevol domini d'Internet; 4) els dispositius de la xarxa 11.11.0.0/16 només poden ser clients web (*http*); 5) els dispositius de la xarxa 10.0.0.0/16 poden accedir a qualsevol servidor d'Internet.

La primer columna indica quina o quines condicions de les anteriors realitza.

# RULE	IN/OUT	SRC IP	SRC port	DST IP	DST port	ACTION
1	IN	ANY	< 1024	192.168.168.0/24	> 1024	ACCEPT
1	OUT	192.168.168.0/24	> 1024	ANY	< 1024	ACCEPT
2	IN	ANY	> 1024	H/32*	80	ACCEPT
2	OUT	H/32	80	ANY	> 1024	ACCEPT
3	IN	ANY	> 1024	D/32	53	ACCEPT
3	OUT	D/32	53	ANY	> 1024	ACCEPT
3	IN	ANY	53	D/32	> 1024	ACCEPT
3	OUT	D/32	> 1024	ANY	53	ACCEPT
4	IN	ANY	80	11.11.0.0/16	> 1024	ACCEPT
4	OUT	11.11.0.0/16	> 1024	ANY	80	ACCEPT
5	IN	ANY	< 1024	10.0.0.0/16	> 1024	ACCEPT
5	OUT	10.0.0.0/16	> 1024	ANY	< 1024	ACCEPT
	ANY	ANY	ANY	ANY	ANY	DENY

* NAT s'aplica abans del FW a l'entrada i després del FW a la sortida.

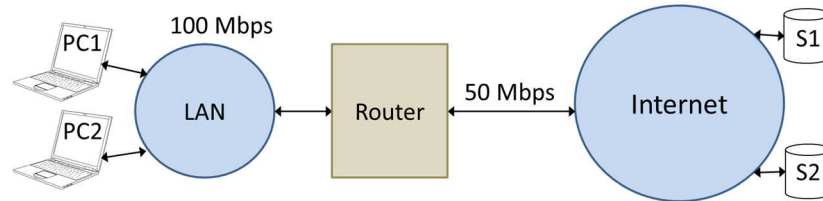
La regla 3 permet que clients de DNS externs accedeixin a D i que D accedeixi als root server i de dominis.

Examen final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		15/01/19	Tardor 2018
NOM (en MAJÚSCULES):	COGNOMS (en MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI:

Duració: 2h 45 minuts. El test es recollirà en 30 minuts.

Problema 2 (2 punts)

Tenemos dos ordenadores (PC1 y PC2) conectados a una LAN, cuya velocidad de transmisión es de 100 Mbps. La LAN está conectada a un Router que dispone de 50 Mbps para acceder a Internet.



PC1 y PC2 establecen 2 conexiones TCP con los servidores S1 y S2, respectivamente, para bajar ficheros muy grandes a la máxima velocidad posible desde ellos. El MSS acordado es de 1448 bytes. La dirección IP de S2 es 200.1.10.5, y la de PC2 es 147.83.39.20.

- a) (0,2 punts) Con los datos de que se dispone, ¿a qué velocidad podrían llegar a transmitir ambos servidores?

La velocidad viene limitada por la velocidad de acceso a Internet. Los 50 Mbps se reparten entre los dos PCs, por lo que tendrían 25 Mbps cada uno.

- b) (0,3 punts) Para la transmisión de S1 a PC1, supongamos que no ha habido pérdidas y que ya se ha transmitido la mitad del fichero. Si el RTT medido es de 100 ms, ¿cuánto debería valer la ventana anunciada *awnd* enviada por PC1 para que TCP no permita una velocidad superior a 2 Mbps? Hacer que la ventana sea múltiplo de MSS y potencia de 2.

Como ya se ha enviado medio fichero, estamos en régimen permanente. Por tanto, la velocidad que limita TCP es $v = \text{awnd} / \text{RTT}$. Por tanto, $\text{awnd} = v * \text{RTT}$

Para 2 Mbps, $\text{awnd} = 2.000.000 \text{ bits/s} * 0,1 \text{ s} = 200.000 \text{ bits} = 25.000 \text{ bytes}$. En MSSs sería: $25.000 / 1448 = 17,3 \text{ MSSs}$. Como *awnd* ha de ser múltiplo de MSS y potencia de 2, hemos de tomar el valor $\text{MSS} = 16$.

Supongamos que en un momento del envío de datos de S2 a PC2 se realiza la siguiente captura (las columnas representan: 1) Núm. línea del intercambio; 2) Tiempo; 3) Dirección IP y port que envía; 4) Dirección IP y port que recibe; 5) Flags; 6) (si hay datos) Núm. de secuencia : Núm. de secuencia del siguiente (Tamaño de datos), o (si no hay datos) Número de ack.

1)	2)	3)	4)	5)	6)
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

Examen final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		15/01/19	Tardor 2018
NOM (en MAJÚSCULES):	COGNOMS (en MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI:

Duració: 2h 45 minuts. El test es recollirà en 30 minuts.

- c) (0,3 punts) ¿Cuánto vale aproximadamente el RTT y el RTO?

Hemos de buscar lo que tarda en llegar un ACK. Hay sólo dos ACK que estamos seguros son directos: el de la línea 15 que confirma la 13, y el de la línea 19 que confirma la llegada del envío de la 18. En ambos da un RTT=100 ms. El resto de ACKs pueden ir asociados a retrasos y pérdidas, por lo que son menos fiables.

Respecto al RTO, hemos de buscar lo que se tarda en retransmitir. Por ejemplo entre las líneas 1 y 6 (unos 600 ms), 4 y 8 (unos 600 ms), y 16 y 18 (también unos 600 ms.) Por tanto RTO=600 ms.

- d) (0,3 punts) Si no tuviéramos la columna de Tiempo, ¿podemos saber en qué máquina se hace la captura?

Podemos ver las retransmisiones, por lo que la captura se hace en esa máquina. En este caso es S2.

- e) (0,3 punts) ¿Cuál ha sido la velocidad efectiva de la transmisión?

Se han transmitido 20.240 bytes en unos 4,14 segundos. Por tanto, $V_{ef} = (20.240 \times 8) / 4,14 = 39 \text{ Kbps}$

Alternativamente, se podría considerar que se pregunta la velocidad durante la secuencia. En este caso, sería: $(20.240 - 11.024) \times 8 / (4,14 - 2,1) = 36 \text{ Kbps}$

Supongamos que antes de la secuencia capturada no ha habido pérdidas y que la ventana anunciada *awnd* para la descarga es de 4 MSS. Suponer también que primero se ha enviado un segmento de un tamaño menor a un MSS, y que el resto de segmentos enviado después son de un MSS. **Para responder las siguientes preguntas puede ser útil dibujar la evolución de las ventanas.**

- f) (0,3 punts) Ignorando el segmento inicial más pequeño, ¿cuánto vale la ventana real al comienzo de la captura? ¿Cuánto se ha tardado en llegar a ella?

Al comienzo de la captura se han enviado 11024 bytes, que corresponden a $11024 / 1448 = 7,6 \text{ MSS}$, por lo que podemos suponer que se han enviado 7 segmentos completos. El primer MSS se ha enviado en el primer RTT, luego se han enviado 2 MSSs y luego 4. Por tanto, se ha tardado 3 RTTs = 300 ms para llegar a la ventana anunciada de 4 MSS, justo al inicio de la captura.

- g) (0,3 punts) ¿Cuánto vale el umbral (*sshtres*) en el intercambio 6?

En el envío 6 se retransmite el envío 1. Sabemos que en el momento inicial la ventana vale 4 MSS, por lo que el umbral en la retransmisión vale la mitad, o sea *sshtres*=2 MSS, que es el valor mínimo.

Examen final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		15/01/19	Tardor 2018
NOM (en MAJÚSCULES):	COGNOMS (en MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI:

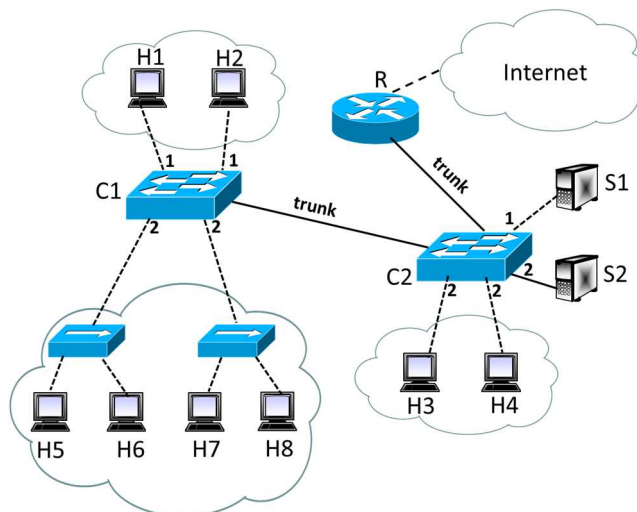
Duració: 2h 45 minuts. El test es recollirà en 30 minuts.

Problema 3 (1 punto)

Tenemos la configuración de la figura con 2 VLANs, donde un único Router da acceso a Internet a 20 Mbps.

VLAN1 tiene dos máquinas (H1 y H2) conectadas al switch C1 y un servidor S1 conectado al switch C2. La VLAN2 tiene las máquinas H3 y H4 conectadas a C2, las máquinas H5 y H6 conectadas a un hub y H7 y H8 conectadas a otro hub. Ambos hubs están conectados a C1. VLAN2 tiene un servidor S2 en C2.

Todos los ports son de 100 Mbps excepto los dos trunks (C1-C2 y C2-R) y el port de S2, que son de 1 Gbps. Consideramos que los hubs tienen una eficiencia del 80%, y los conmutadores del 100%.



- (0,1 puntos) Si H5 envía un mensaje a S1, ¿qué máquinas y dispositivos atravesará?
Hub, C1, C2, R, C2.
- (0,2 puntos) Si H5 envía datos a su máxima capacidad a S1 (y todas las demás máquinas están paradas), ¿a qué velocidad podrá recibirlos S1?
Como la eficiencia del hub es del 80%, a C1 sólo llegarán 80 Mbps. Después irá a C2, pasará por el Router, volverá a C2 sin perder velocidad, por lo que la velocidad de recepción será de 80 Mbps.
- (0,2 puntos) Si S2 quiere enviar datos a su máxima capacidad a la vez a H3, H7 y H8 (estando el resto de máquinas paradas), ¿a qué velocidad podrán recibirlos cada una?
S2 puede enviar hasta 1000 Mbps que C2 repartirá entre 2 ports de salida (H3 y C1), dando 500 Mbps a cada uno. H3 sólo admite 100 Mbps, por lo que dejarán el resto para C1 (900 Mbps). C1 sólo puede enviar 80 Mbps (el 80% de los 100 Mbps de capacidad) hacia el hub donde están H7 y H8. Por tanto, H7 y H8 se repartirán los 80 Mbps: 40 Mbps cada uno.
- (0,1 puntos) En el caso del apartado "c", ¿a qué porcentaje de su capacidad trabajará S2?
Como sólo puede enviar 100 Mbps a H3 y 80 Mbps al hub de H7 y H8, enviará 180 Mbps, que sería el 18%.

Siendo estrictos, también podemos considerar que S2 envía 100 Mbps hacia el hub, y allí se pierden 20 Mbps en las colisiones. Por tanto, S2 enviaría un total de $100 + 100 = 200$ Mbps, por lo que el porcentaje sería del 20%.
- (0,2 puntos) En el caso del apartado "c", ¿dónde habrá control de flujo y cómo se hará?
El problema está cuando los 900 Mbps que entran en C1 se han de dirigir al port de 100 Mbps donde está el hub. Por tanto, es el conmutador C1 quien tiene que frenar al conmutador C2, y éste, con tramas de pausa, frenar a S2. Las pérdidas en el hub son parte del protocolo CSMA/CD (no hay un control de flujo explícito desde C1).
- (0,2 puntos) Si H5, H6, H7 y H8 quieren enviar datos a su máxima capacidad a una máquina en Internet (más allá del Router), ¿a qué velocidad podrán transmitir?
En este caso la limitación viene dada por el enlace de salida a Internet a 20 Mbps. Será TCP quien regule la velocidad, repartiendo entre todos los que envían, por lo que cada máquina podrá enviar hasta a un máximo de $20/4 = 5$ Mbps. Verificamos que está por debajo de la capacidad límite que imponen los dispositivos, pues cada una de las máquinas no puede enviar a más de 40 Mbps.

Examen final de Xarxes de Computadors (XC), Grau en Enginyeria Informàtica		15/01/2019	Tardor 2018
NOM (en MAJÚSCULES):	COGNOMS (en MAJÚSCULES):	GRUP:	DNI:

Duració: 2h 45 minuts. El test es recollirà en 30 minuts.

Problema 4 (1.5 punts).

El cliente host.upc.edu quiere conectarse a la web www.xc.com usando HTTP1.1 persistente. Todas las caches DNS están inicialmente vacías. La pagina web contiene un documento HTML y 6 objetos:

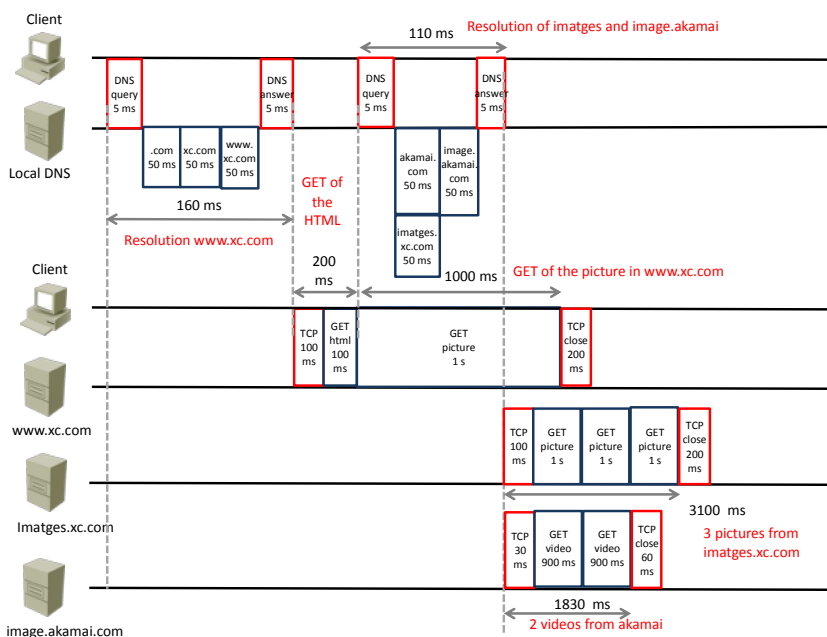
- 1 imagen almacenada en el mismo servidor web,
- 3 imágenes almacenadas en servidor imatges.xc.com que se descargan con la web,
- 2 videos almacenados en el servidor image.akamai.com que se descargan con la web.

Sabiendo que:

- RTT = 100 ms, entre el cliente y los servidores www.xc.com y imatges.xc.com
- RTT = 30 ms, entre el cliente y el servidor image.akamai.com
- RTT = 10 ms, entre el cliente y su servidor DNS local
- RTT = 50 ms, entre el servidor DNS local y cualquier otro servidor DNS
- 1 RTT para establecer una conexión TCP
- 2 RTT para cerrar una conexión TCP
- 1 RTT para descargar el HTML
- 10 RTT para descargar cada imagen
- 30 RTT para descargar cada video

a) (0,5) Determinar el número de conexiones TCP necesarias para descargarse enteramente la pagina web en el cliente
Se descargan 7 objetos de 3 servidores distintos, por lo tanto 3 conexiones TCP. El DNS usa UDP.

b) (1) El tiempo que necesita el cliente en total para descargarse la página web. Asumir que: i) no se usa pipelining, ii) no es posible tener más de una conexión TCP con el mismo servidor, iii) pero en cambio si es posible hacer operaciones distintas en paralelo con diferentes maquinas



El cliente necesita resolver primero www.xc.com. Envía un DNS query al DNS local que empieza una resolución iterativamente con el RS, luego el NS de .com y finalmente el NS de xc.com. Luego proporciona la respuesta al cliente. Total 160 ms

Luego el cliente se conecta con www.xc.com y le envía el GET del HTML. Una vez con el HTML y verificado el contenido, el cliente envía un GET para la imagen en www.xc.com.

En paralelo pide al DNS local que resuelva imatges.xc.com e image.akamai.com. Como el DNS local ya tiene parte de estos nombres, solo se necesita pedir imatges al NS de xc.com, akamai.com al NS de .com y image.akamai.com al NS de akamai.com.

Una vez con la respuesta, el cliente se conecta en paralelo a los dos servidores para pedir las tres imágenes a imatges.xc.com e los dos videos a image.akamai.com

La comunicación más larga es: 160 ms (DNS) + 200 ms (HTML) + 110 ms (DNS) + 3100 ms (las 3 imágenes) = 3570 ms