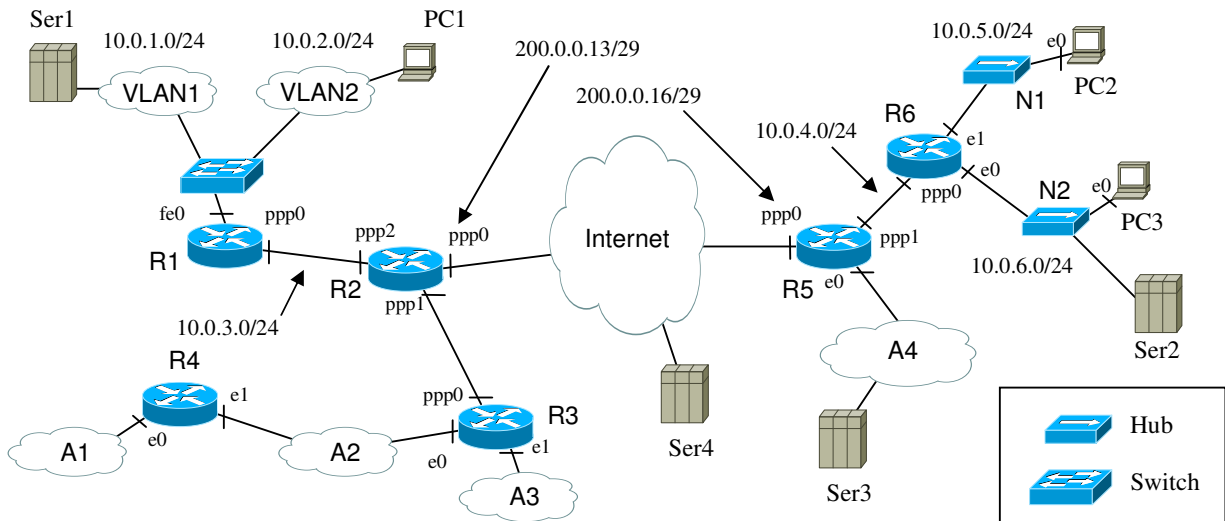


Problema 1. (2,5 punts)

La figura corresponde a una empresa composta per una sede central i una sucursal connectada per medio de Internet. A los interfaces PPP de los routers R2 y R5, el ISP les asigna las direcciones públicas indicadas en la figura (200.0.0.13 y 200.0.0.16 respectivamente). Los dos routers tienen capacidad para realizar *tunneling* y NAT.

De las subredes que forman la red, en algunas se asignarán direcciones IP privadas (direcciones 10.0.X.X) y en otras, direcciones IP públicas. En la figura se muestra la asignación de direcciones y máscaras IP de la parte privada. En la sede central se utiliza un *switch* para generar y gestionar 2 VLANs, en las que se asignan direcciones IP privadas. También son redes privadas las N1 y N2 de la sucursal y las conexiones PPP entre R1 y R2 y entre R5 y R6.

Las subredes sin asignación de direcciones y mascarar son subredes publicas, estas son la subred A1, A2, A3, A4 y la conexión PPP entre el router R2 y el R3.



1.A Se quiere adquirir un grupo de direcciones IP públicas para las subredes. Define un esquema de direcciones públicas apropiado al esquema de la figura, a partir del rango 131.1.8.0/24. Para la asignación de las direcciones ten en cuenta las siguientes condiciones: en la red A1 se van a conectar 5 PCs, en la red A2 20 PCs, en la red A3 30 PCs y en la red A4 tantos PCs como sea posible. En el enlace PPP entre R2 y R3 se necesitan sólo 2 direcciones (los extremos de enlace PPP). Además se quiere que los valores numéricos de las direcciones sigan el orden (de menor a mayor): A1, A2, A3, PPP, A4 (por ejemplo 131.1.8.2 tiene un valor numérico inferior a 131.1.8.10).

1.B Desde el host PC2 se hace un ping al servidor Ser2. PC2 tiene @IP 10.0.5.100 y Ser2 tiene @IP 10.0.6.10. Supóngase que las tablas de ARP de los elementos involucrados están vacías y que durante el tiempo de trabajo, no hay otras tramas circulando que las derivadas del comando antes mencionado. Describir la secuencia de tramas Ethernet, datagramas IP, paquetes ARP y paquetes ICMP que aparecerán en la red desde el momento en que da comienzo la ejecución del comando hasta que llega la primera respuesta del destinatario del ping. Indicar las direcciones físicas de las interfaces usando el formato nombre-interfaz (por ejemplo PC2-e0 para indicar la dirección MAC de la interfaz e0 de PC2). Para la dirección de broadcast usar el formato FF-FF. Asignar las direcciones IP que se consideran necesarias.

Eth		ARP					IP		ICMP
@src	@dst	Query / Response	MAC sender	IP sender	MAC receiver	IP receiver	@src	@dst	Echo RQ/RP

1.C Sabiendo que todos los routers operan con RIPv2 con split horizon, poison reverse y triggered update, ¿cuál sería la tabla de encaminamiento del router R3? Indicar en la columna adquisición con C una ruta directa, con R determinada por el RIP y con S una ruta estática. En la columna Gateway indicar la dirección del router como nombre-interfaz (por ejemplo, R4-e1 para la interfaz e1 del router R4).

Adquisición	Red / máscara	Gateway	Interfaz	Métrica

1.D Indicar que haría el router R3 si se cayera el enlace entre R2 y R3. Indicar el/los mensaje/s que enviaría R3, después de cuanto tiempo y a quien. Comenta las suposiciones que hagas.

Red	Máscara	Métrica

1.E Escribe la cabecera de un paquete IP (solo direcciones IP origen y destino) en el router de salida R2 cuando se accede desde PC1 con IP 10.0.2.55 a un servidor Ser4 de Internet con IP 220.20.10.135 (asumir que las ARP caches están llenas).

1.F Escribe la cabecera de un paquete IP (solo direcciones IP origen y destino) en el router de salida R2 cuando se accede desde PC1 al servidor Ser2 de la sucursal (asumir que las ARP caches están llenas)

Solución

1.A (opción 1)

Red	@IP necesarias	Bits para host-id	Direcciones IPs									Red / Mascara
			net-id			subnet-id			host-id			
A1	$5+2^*+1^{**} = 8$	$8 = 2^3 \Rightarrow 3$ bits	131.1.8.	0	0	0	0	0	X	X	X	131.1.8.0/29
A2	$20+2^*+2^{**} = 24$	$32 = 2^5 \Rightarrow 5$ bits	131.1.8.	0	0	1	X	X	X	X	X	131.1.8.32/27
A3	$30+2^*+1^{**} = 33$	$64 = 2^6 \Rightarrow 6$ bits	131.1.8.	0	1	X	X	X	X	X	X	131.1.8.64/26
PPP _{R2-R3}	$2 + 2^* = 4$	$4 = 2^2 \Rightarrow 2$ bits	131.1.8.	1	0	0	0	0	0	X	X	131.1.8.128/30
A5	el resto		131.1.8.	1	1	X	X	X	X	X	X	131.1.8.196/25

Nota *: 2 para la dirección de red y la de broadcast
 Nota **: dirección IP del/de los router/s

No se usan las direcciones:

- De 131.1.8.8 a 131.1.8.31
- De 131.1.8.132 a 131.1.8.195

1.A (opción 2, también se considera valida)

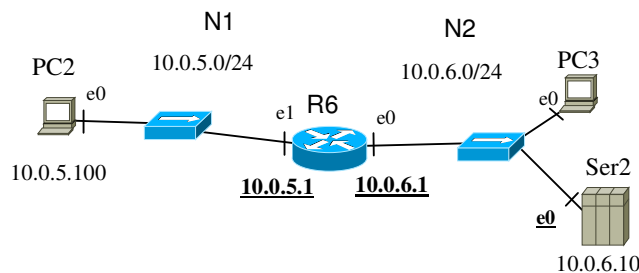
Red	@IP necesarias	Bits para host-id	Direcciones IPs									Red / Mascara
			net-id			subnet-id			host-id			
A1	$5 + 2^* = 7$	$8 = 2^3 \Rightarrow 3$ bits	131.1.8.	0	0	0	0	0	X	X	X	131.1.8.0/29
A2	$20 + 2^* = 22$	$32 = 2^5 \Rightarrow 5$ bits	131.1.8.	0	0	1	X	X	X	X	X	131.1.8.32/27
A3	$30 + 2^* = 32$	$32 = 2^5 \Rightarrow 5$ bits	131.1.8.	0	1	0	X	X	X	X	X	131.1.8.64/27
PPP _{R2-R3}	$2 + 2^* = 4$	$4 = 2^2 \Rightarrow 2$ bits	131.1.8.	0	1	1	0	0	0	X	X	131.1.8.96/30
A5	el resto		131.1.8.	1	X	X	X	X	X	X	X	131.1.8.128/25

Nota *: 2 para la dirección de red y la de broadcast

No se usan las direcciones:

- De 131.1.8.8 a 131.1.8.31
- De 131.1.8.100 a 131.1.8.127

1.B



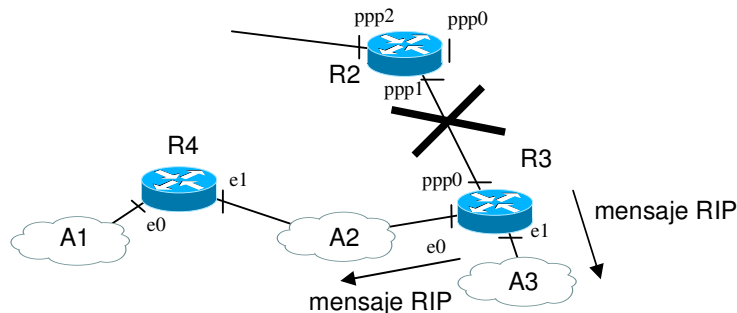
Eth		ARP					IP		ICMP
@src	@dst	Query / Response	MAC sender	IP sender	MAC receiver	IP receiver	@src	@dst	Echo RQ/RP
PC2-e0	FF-FF	Q	PC2-e0	10.0.5.100	-	10.0.5.1	-	-	-
R6-e1	PC2-e0	R	R6-e1	10.0.5.1	PC2-e0	10.0.5.100	-	-	-
PC2-e0	R6-e1	-	-	-	-	-	10.0.5.100	10.0.6.10	RQ
R6-e0	FF-FF	Q	R6-e0	10.0.6.1	-	10.0.6.10	-	-	-
Ser2-e0	R6-e0	R	Ser2-e0	10.0.6.10	R6-e0	10.0.6.1	-	-	-
R6-e0	Ser2-e0	-	-	-	-	-	10.0.5.100	10.0.6.10	RQ
Ser2-e0	R6-e0	-	-	-	-	-	10.0.6.10	10.0.5.100	RP
R6-e1	PC2-e0	-	-	-	-	-	10.0.6.10	10.0.5.100	RP

1.C

Si en los routers no está activa la agregación de rutas (sumarización), la tabla de encaminamiento es la siguiente:

Adquisición	Red / máscara	Gateway	Interfaz	Métrica
C	A3 /26 o /27	-	e1	1
C	A2 /27	-	e0	1
C	PPP _{R2-R3} /30	-	ppp0	1
R	A1 /29	R4-e1	e0	2
R	10.0.3.0/24	R2-ppp1	ppp0	2
R	VLAN1 , 10.0.1.0/24	R2-ppp1	ppp0	3
R	VLAN2 , 10.0.2.0/24	R2-ppp1	ppp0	3
R	A4 /25	R2-ppp1	ppp0	3
R	10.0.4.0/24	R2-ppp1	ppp0	3
R	N1 , 10.0.5.0/24	R2-ppp1	ppp0	4
R	N2 , 10.0.6.0/24	R2-ppp1	ppp0	4
S	0.0.0.0/0	R2-ppp1	ppp0	-

1.D



Split horizon está activo con Poison reverse, así que enviará a sus vecinos A2 y A3, dos mensajes RIP (uno por cada sub-red) que contiene sólo la parte de la tabla de encaminamiento que no ha aprendido de A2 y de A3 respectivamente. Las entradas que ha aprendido de A2 y de A3 respectivamente se envían hacia ellos con métrica infinito, 16 (poison reverse).

También triggered update esta activo, así que los dos mensajes se envían inmediatamente sin esperar los 30 segundos entre una actualización y la siguiente.

Los dos mensajes a A2 y A3 son iguales y señalan la caída del enlace entre R3 y R2 y por lo tanto la indisponibilidad de todas las rutas de R3 donde R2 aparecía como gateway.

Red	Màscara	Métrica
PPP _{R2-R3}	/30	16
10.0.3.0	/24	16
10.0.1.0	/24	16
10.0.2.0	/24	16
A4	/25	16
10.0.4.0	/24	16
10.0.5.0	/24	16
10.0.6.0	/24	16

1.E

El router R2 tiene el NAT activo, así que la dirección privada de PC1 10.0.2.55 se convierte en 200.0.0.13. La IP destino es de Internet y se mantiene.

@IP destino	@IP origen
200.20.10.135	200.0.0.13

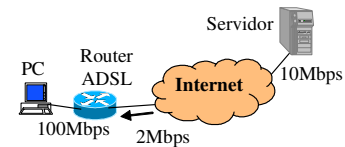
1.F

Entre el router R2 y el router R5 hay un túnel activo, así que se encapsula el datagrama con direcciones privadas destino 10.0.6.10 y origen 10.0.2.55 en un datagrama con direcciones publicas destino 200.0.0.16 y origen 200.0.0.13 que son las dos direcciones a los extremos del túnel.

Túnel		@IP privadas	
@IP destino	@IP origen	@IP destino	@IP origen
200.0.0.16	200.0.0.13	10.0.6.10	10.0.2.55

Problema 2. (2,5 punts)

Un PC està connectat a Internet amb una línia ADSL de 2 Mbps de baixada (veure la figura). Des del PC es fa una descàrrega amb TCP d'un fitxer de 1 GB (10^9 bytes) des d'un servidor que té una línia d'accés de 10 Mbps. Se sap que el temps d'anada i tornada (*Round Trip Time*, RTT¹) que veu TCP en el servidor és de 300 ms. El *maximum segment size* (MSS) que fa servir TCP és de 1460 bytes.



- 2.A Suposant una finestra advertida infinita, digues quina és la velocitat efectiva (*throughput*) màxima que és d'esperar que s'aconsegueixi, aproximadament, durant la transferència. Calcula la finestra de transmissió que, com a mínim, hauria de fer servir TCP en el servidor per poder assolir aquesta velocitat efectiva. Dóna la mida de la finestra en segments i en bytes. Comenta les suposicions que facis.
- 2.B Suposa que durant la transferència no es perd cap segment i que en el PC, TCP adverteix sempre una finestra de 60 kB ($60 \cdot 10^3$ bytes). Fes un dibuix de l'evolució de la finestra de transmissió que fa servir el servidor. Mostra clarament les fases de *slow-start* i *congestion-avoidance* per les que pugui passar TCP en el servidor. Indica quina és la mida màxima que assoleix la finestra de transmissió del servidor (en bytes i segments).
- 2.C A la vista dels apartats anteriors, dedueix si es podrà assolir la velocitat efectiva màxima calculada en l'apartat 2.A. Si no és així, calcula la velocitat efectiva màxima que, aproximadament, es podrà aconseguir. Comenta les suposicions que facis.
- 2.D Suposa que quan la finestra de transmissió de TCP en el servidor assoleix la mida màxima, es perd un segment. Suposa que TCP en el servidor no fa servir *fast-retransmit/fast-recovery*: El segment es retransmet perquè salta el temporitzador de retransmissió (RTO). Suposa que $RTO=0,5$ segons. Fes un dibuix que mostri l'evolució de la finestra de transmissió en el servidor des de que es produeix la pèrdua fins que assoleix un altra cop la mida màxima. Mostra clarament les fases de *slow-start* i *congestion-avoidance* per les que pugui passar TCP en el servidor. Calcula aproximadament quan de temps passa des de que es produeix la pèrdua fins que la finestra de TCP assoleix la mida màxima. Indica clarament en el dibuix la duració de cada una de les fases per les que passa TCP. Comenta les suposicions que facis.

¹ En el grup 20 s'ha fet servir la notació T_T i T_{OVR} per referir-se al RTT i RTO respectivament.

Solució

2.A

La v_{ef}^{max} vindrà donada per l'enllaç més lent. Com que volem la v_{ef} màxima, suposarem que al servidor només hi accedeix el PC i la connexió no travessa altres enllaços congestionats. Així doncs, $v_{ef}^{max} \approx 2$ Mbps.

El temps de transmissió d'un segment en el servidor és de $\approx 1500 * 8 / 10^7 = 1,2$ ms. Com que és un temps molt més petit que el RTT, suposarem que cada RTT, el TCP del servidor envia tota la finestra i rep les corresponents confirmacions, tal com mostra la següent figura:



Per tant, v_{ef}^{max} vindrà limitada per l'enllaç més lent o per la finestra si és massa petita, és a dir:

$$v_{ef}^{max} = \min(\text{wnd}/\text{RTT}, 2 \text{ Mbps})$$

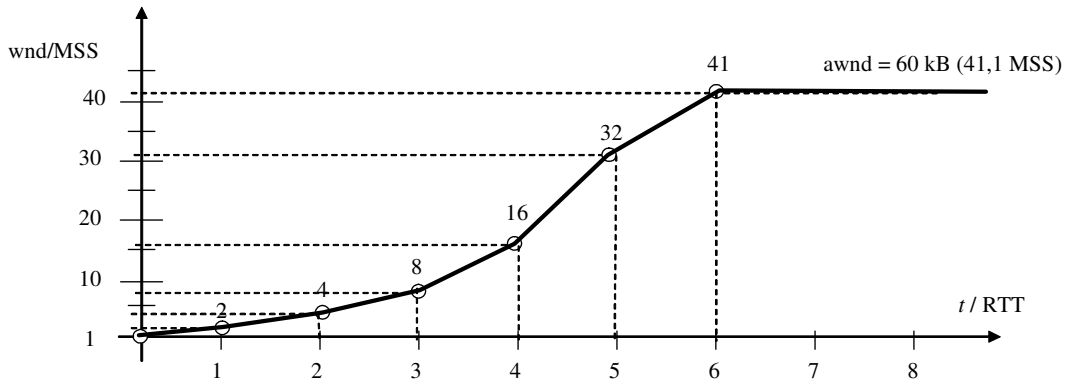
D'aquí que la mínima finestra que haurà de fer servir el servidor per poder assolir els 2 Mbps serà de:

$$\text{wnd} = 2 \text{ Mbps} * \text{RTT} = 2 * 10^6 \text{ bits/s} * 300 * 10^{-3} \text{ s} = 75 \text{ kB}$$

En segments la finestra haurà de ser de $\lceil 75 * 10^3 / 1460 \rceil = 52$ segments

2.B

En aquest apartat també suposarem que en cada RTT, aproximadament, s'envia tota la finestra i es reben les corresponents confirmacions. Suposarem que s'envia una confirmació per cada segment rebut amb informació. Així doncs, l'evolució de la finestra serà:



Explicació: La finestra de transmissió val: $\text{wnd} = \min(\text{awnd}, \text{cwnd})$ (és a dir, el mínim entre la finestra advertida i la de congestió). TCP comença amb la fase de slow-start: $\text{cwnd} = 1$ i per cada confirmació de noves dades incrementa la finestra de congestió en MSS bytes. Suposarem que el PC processa els segments tan aviat com arriben, per tant, la finestra advertida serà sempre de 60kB. Quan cwnd supera el valor de 60kB, wnd vindrà fixada per la finestra advertida: 60kB. Així doncs, TCP podrà enviar $\lfloor 60\text{kB}/1460 \rfloor = 41$ segments sense confirmar.

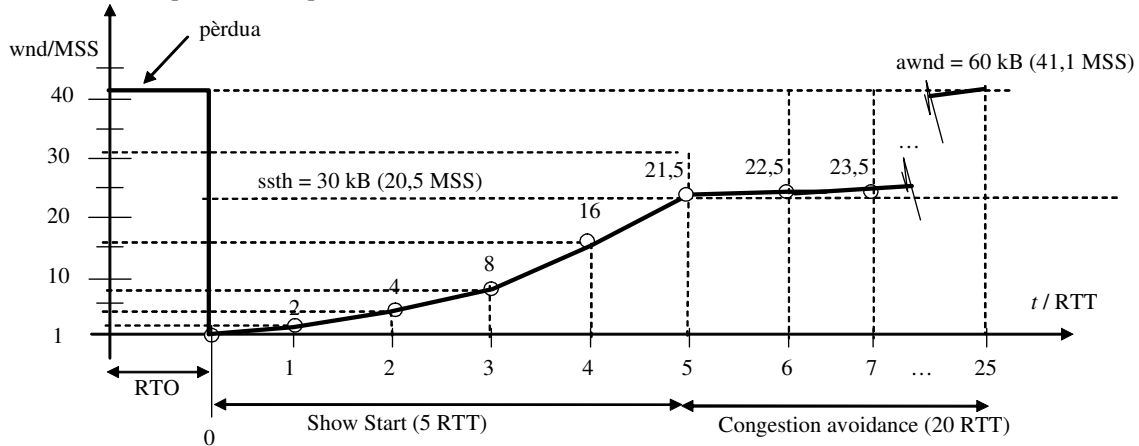
2.C

Dels resultats anteriors veiem que la finestra advertida (60kB) no és suficient per poder transmetre a 2 Mbps amb un RTT de 300 ms. Fent les mateixes suposicions que els apartats anteriors,

$$v_{ef} \approx \text{bytes enviats sense confirmar} * 8 / \text{RTT} = 1460 * 41 * 8 / (300 * 10^{-3}) \approx 1,6 \text{ Mbps}$$

2.D

Amb la mateixa suposició dels apartats anteriors, l'evolució serà:



Explicació: quan salta el RTO degut al segment perdut, el *slow start threshold* (ssth) valdrà la finestra de transmissió de TCP dividit per 2 ($60\text{kB}/2 = 30\text{kB} = 20,5\text{ MSS}$), i començarà una fase de *slow start* ($\text{cwnd} = 1\text{ MSS}$). Quan cwnd arriba al ssth (això passa aproximadament en $\lceil \log_2(20,5) \rceil = 5\text{ RTTs}$), la finestra de TCP valdrà $\text{cwnd} = 21\text{ MSS}$. Quan arriba l'ack 22 (comptant a partir de la retransmissió), $\text{cwnd} > \text{ssth}$ i TCP entra en *congestion avoidance*, de manera que incrementa aproximadament 1 MSS cada RTT (exactament quan arriba 1 ack de noves dades: $\text{cwnd} += \text{MSS}/\text{wnd}$). D'aquesta manera, dels 16 acks que es reben en el 5 RTT, els 5 primers troben TCP en *slow start* i incrementen cwnd fins a 21 MSS, els altres 11 troben TCP en *congestion avoidance* i incrementen cwnd en $\approx 11/21\text{ MSS} = 0,5\text{ MSS}$. En total, $\text{cwnd} \approx 21,5\text{ MSS}$ en 5 RTT. Per tant, necessitarà aproximadament 20 RTT per arribar un altre cop als 60kB (41,1 MSS) de la finestra advertida. Així doncs, el temps que passa des de que es produeix la pèrdua fins que TCP assoleix la finestra màxima que fixa la finestra advertida serà de $\approx \text{RTO} + 5\text{ RTT} + 20\text{ RTT} = 0,5 + 25 \cdot 0,3 = 8\text{ segons}$.

Problema 3. (2,5 punts)

Tenim una LAN amb terminals Ethernet 1000BaseT-FDX i servidors 1000BaseT-FDX. Tots aquestes sistemes van a parar a un armari (*rack*) en el que disposem de diverses possibilitats connectives. Suposant que els terminals no es transmeten dades entre sí i els servidors tampoc, i que el tràfic generat entre terminals i servidors és sempre igual en ambdós sentits. Suposa que no hi ha col·lisions.

PART 1

Suposem que dins l'armari disposem d'un únic hub 1000BaseT a on hi connectem 10 terminals i un dels servidors. Tenint en compte tots els condicionants anteriors, digues:

3.A Quants dominis de col·lisió hi ha?

3.B Quan tràfic podran transmetre i rebre cadascun dels terminals i el servidor (dóna el tràfic de sortida i d'entrada per separat).

PART 2

Suposem ara que tenim 200 terminals i 10 servidors (de les característiques ja comentades). L'armari disposa de 3 commutadors 1000BaseT-FDX de 16 ports y suficients hubs 1000BaseT de 16 ports.

3.C Dibuixa una configuració apropiada de la LAN que intenti maximitzar el rendiment amb el material proporcionat (es valorarà si la configuració és més o menys eficient)

3.D Digues la velocitat màxima a la que podem transmetre i rebre els terminals si tots els terminals transmeten fins a omplir la xarxa i tots generen tràfic amb una proporció igual a tots els servidors.

NOM:

COGNOMS

Les preguntes del test poden ser multiresposta (MR) o de resposta única (RU). Una pregunta MR val 0,25 punts si la resposta és correcta, 0,125 punts si té un error, altrament 0 punts. Una pregunta RU val 0,25 punts si la resposta és correcta, altrament 0 punts.

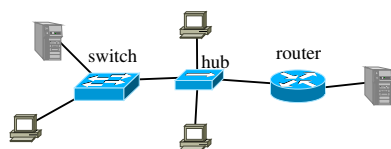


Figura 1

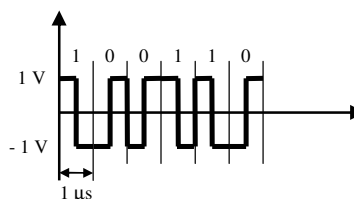


Figura 2

<p>Qüestió 1. RU. Cuantos son los dominios <i>broadcast</i> de la Figura 1.</p> <p><input type="checkbox"/> 1</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 2</p> <p><input type="checkbox"/> 3</p> <p><input type="checkbox"/> 4</p> <p><input type="checkbox"/> 5</p> <p><input type="checkbox"/> 6</p> <p><input type="checkbox"/> 7</p>	<p>Qüestió 2. MR. A partir de la Figura 2, deducir las respuestas correctas:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vt es de 1 Mbps</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Permite usar la misma señal para el sincronismo de bit</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Es una codificación de tipo Manchester</p> <p><input type="checkbox"/> NRZ con igual Vt tendrá un ancho de banda parecido</p>
<p>Qüestió 3. MR. Identificar las afirmaciones correctas</p> <p><input type="checkbox"/> WiFi usa el protocolo CSMA/CD.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> El mecanismo de petición y reserva de recursos RTS/CTS permite solucionar el problema del <i>hidden terminal</i> (terminal escondido) en WLAN.</p> <p><input type="checkbox"/> Para conectar dos estaciones WiFi hace falta un <i>Access Point</i>.</p> <p><input type="checkbox"/> WiFi es un protocolo 1-persistente.</p>	<p>Qüestió 4. MR. Diques quines de les següents afirmacions son certes:</p> <p><input type="checkbox"/> 3.0.0.9 és una adreça de classe C.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> El camp <i>identification (id)</i> de la capçalera IP es fa servir per identificar fragments d'un mateix datagrama.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Un router canvia el camp de <i>checksum</i> dels datagrames que encamina.</p> <p><input type="checkbox"/> El host amb @IP 192.168.10.194/27 té adreça de xarxa 192.168.10.192, de broadcast 192.168.10.255 y màscara 255.255.255.192</p>
<p>Qüestió 5. MR. Diques quines de les següents afirmacions son certes:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> En Aloha s'envien confirmacions.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ethernet és un protocol 1-persistent.</p> <p><input type="checkbox"/> Un hub Ethernet pot ser <i>half</i> o <i>full duplex</i>.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Una tarja Ethernet només retransmet una trama si detecta col·lisió.</p>	<p>Qüestió 6. MR. Una línia de transmissió tiene una banda de canal de 6 kHz y un SNR de 3 dB. Se usa la codificación NRZ. Deducir las respuestas correctas</p> <p><input type="checkbox"/> Tiene una Vt máxima de 12000 bps.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Tienen una capacidad de 9500 bps.</p> <p><input type="checkbox"/> Aumentando SNR a 10 dB, se puede transmitir a 20700 bps sin tener distorsión.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Para no tener distorsión, la Vm máxima es de 12000 baud.</p>
<p>Qüestió 7. MR. Diques quines de les següents afirmacions son certes:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> El <i>checksum</i> es calcula com el complement a 1 de al suma en complement a 1.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> En el càlcul del <i>checksum</i> d'IP, només es té en compte la capçalera del datagrama.</p> <p><input type="checkbox"/> En el càlcul del <i>checksum</i> de TCP, només es té en compte la capçalera del segment.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> UDP també porta un camp de <i>checksum</i>.</p>	<p>Qüestió 8. MR. Diques quins dels següents protocols impliquen la transmissió de trames <i>broadcast</i> en una LAN:</p> <p><input type="checkbox"/> DNS</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> DHCP</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ARP</p> <p><input type="checkbox"/> ICMP</p>
<p>Qüestió 9. MR. Diques quines de les següents afirmacions son certes:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Per poder comunicar terminals en VLANs diferents cal fer servir <i>routers</i>.</p> <p><input type="checkbox"/> En els missatges que envia RIP hi ha: adreces IP, <i>gateways</i> i mètriques.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> RIP només envia missatges als seus veïns.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> RIP fa servir UDP.</p>	<p>Qüestió 10. MR. Diques quines de les següents afirmacions son certes:</p> <p><input type="checkbox"/> ARP va sobre IP.</p> <p><input type="checkbox"/> Un <i>switch</i> fa servir una taula ARP.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> En la taula ARP hi pot haver l'adreça IP d'un router.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Un <i>router</i> fa servir una taula ARP.</p>