

# Facultat Informàtica de Barcelona (FIB)

## Col·lecció de problemes de Xarxes de Computadors (XC)

Llorenç Cerdà, Jorge García, Jordi Iñigo, Josep Maria Barceló, Josep Sunyol, Davide Careglio, Eduard Lara.

Setembre de 2007

### Índex

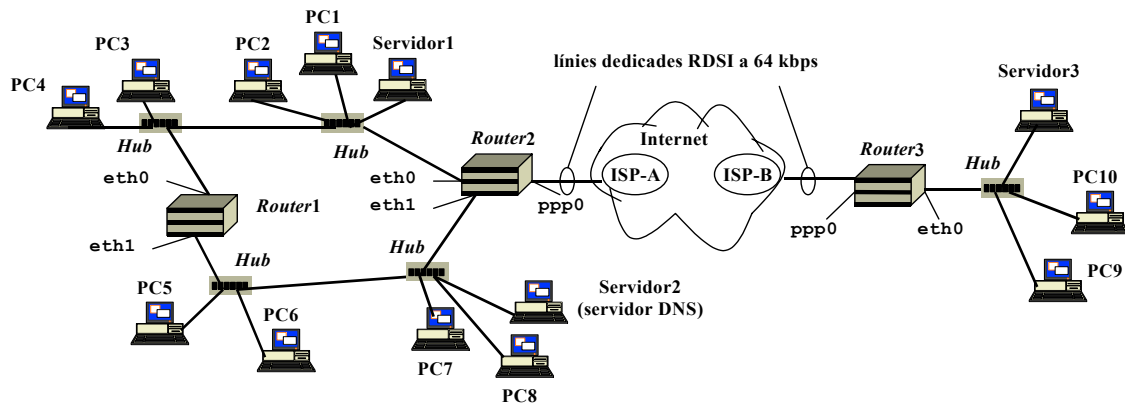
TEMA 2:	IP .....	3
TEMA 3.a:	Protocols ARQ .....	12
TEMA 3.b:	Transport UDP/TCP.....	13
TEMA 4:	Xarxes d'Àrea Local .....	25
TEMA 5:	Transmissió de dades .....	27



## TEMA 2: IP

## Problema 1.

Es disposa d'una xarxa com la de la figura. Tota la xarxa és *ethernet* 10BaseT, excepte el tram Internet.



En la inicialització de les interfícies ethernet dels routers de la xarxa de la figura s'executen les següents comandes:

```
Router1:  ifconfig eth0 10.0.0.1 netmask 255.255.255.0;
           ifconfig eth1 10.0.1.1 netmask 255.255.255.0;
Router2:  ifconfig eth0 10.0.0.2 netmask 255.255.255.0;
           ifconfig eth1 10.0.1.2 netmask 255.255.255.0;
Router3:  ifconfig eth0 10.0.2.1 netmask 255.255.255.0;
```

Els routers Router2 i Router3 estan configurats per fer “**tunneling**”. Recorda que el tunneling consisteix en enviar datagrames IP encapsulats dintre d'altres datagrames IP. Les interfícies PPP de Routers2 i Router3 tenen assignades les següents adreces públiques: 147.0.0.1 i 150.0.0.2, respectivament.

Fixeu-vos que l'adreça de xarxa 10.0.0.0 està en el rang d'**adreces IP privades**.

- Explica breument perquè serveix el protocol PPP.
- Digues perquè serveixen els protocols LCP i IPCP que es fan servir en PPP.
- Digues si el protocol PPP s'estableix entre els routers i els proveïdors de serveis d'Internet (ISP), (és a dir entre Router2 i ISP-A i entre ISP-B i Router3) o entre els routers (entre Router2 i Router3). Justifica la teva resposta.
- Explica quina diferència hi ha entre les adreces IP privades i les públiques.
- Explica perquè creus que és necessari fer servir el túnel entre Router2 i Router3.

La MTU de les xarxes ethernet és de 1500 bytes i la de l'enllaç ppp és de 250 bytes. Respon a les següents preguntes (té en compte que en el túnel hi haurà dues capçaleres IP):

- Quina serà la MSS que especificaran el PC3 i el Servidor3 quan vulguin establir una connexió TCP.
- Suposa que PC3 envia un datagrama IP de 1500 bytes al Servidor3 amb el flag DF (*don't fragment*) desactivat. El Router2 fragmentarà els datagrames IP i el reensamblat el farà el Router3 (l'extrem del túnel):
  - Justifica perquè el reensamblat el fa el Router3 i no la destinació,
  - quants de fragments es generaran,
  - els camps de la capçalera que es modificaran quan es faci la fragmentació, i
  - el valor al qual s'inicialitzaran aquests camps en cada fragment.
- Què passarà si PC3 envia un datagrama IP de 1500 bytes al Servidor3 amb el flag DF activat?

## TEMA 2: IP

Desde PC1 (en el problema anterior) ejecutamos `tracert Servidor3` y obtenemos la siguiente salida:

```
PC1:~>tracert Servidor3
tracert to Servidor3 (10.0.2.116), 30 hops max, 40 byte packets
 1  Router2 (10.0.0.2)  0.874 ms  0.753 ms  0.830 ms
 2  Router3 (10.0.2.1)  2.346 ms  1.435 ms  1.731 ms
 3  Servidor3 (10.0.2.116)  3.482 ms *  3.613 ms
```

a) Explica brevemente como funciona `tracert`

b) Razona por qué en la salida al comando anterior no aparecen los routers que hay entre Router2 i Router3.

Se ejecuta el comando `ifconfig -i eth0` en PC1, PC2 y PC5. A continuación se muestran los resultados de tales ejecuciones:

```
PC1:
eth0  Link encap:Ethernet Hwaddr 00:10:5A:F7:E3:11
      inet addr: 10.0.0.3 Bcast:10.0.0.255 Mask:255.255.255.0
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
      RX packets:11186142 errors:0 dropped:0 overruns:1
      TX packets:20731023 errors:0 dropped:0 overruns:0
      Interrupt:5 Base address:0x6800

PC2:
eth0  Link encap:Ethernet Hwaddr 00:10:5A:F7:E3:22
      inet addr: 10.0.0.4 Bcast:10.0.0.255 Mask:255.255.255.0
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
      RX packets:31486100 errors:0 dropped:0 overruns:1
      TX packets:10631073 errors:0 dropped:0 overruns:0
      Interrupt:5 Base address:0x6800

PC5:
eth0  Link encap:Ethernet Hwaddr 00:10:5A:F7:E3:55
      inet addr: 10.0.1.3 Bcast:10.0.1.255 Mask:255.255.255.0
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
      RX packets:11566000 errors:0 dropped:0 overruns:1
      TX packets:1531073 errors:0 dropped:0 overruns:0
      Interrupt:5 Base address:0x6800
```

c) Supóngase que en PC1 se ejecuta “ping 10.0.0.4”. Supóngase que ni PC1 ni PC2 tienen información alguna en sus correspondientes tablas de ARP 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”.

d) Supóngase ahora que en PC1 se ejecuta “ping 10.0.1.3”. Supóngase que inicialmente, PC5 no tiene información alguna en su tabla de ARP. Mostrar nuevamente las tramas Ethernet, datagramas IP, paquetes ARP y paquetes ICMP que circularán por las redes afectadas.

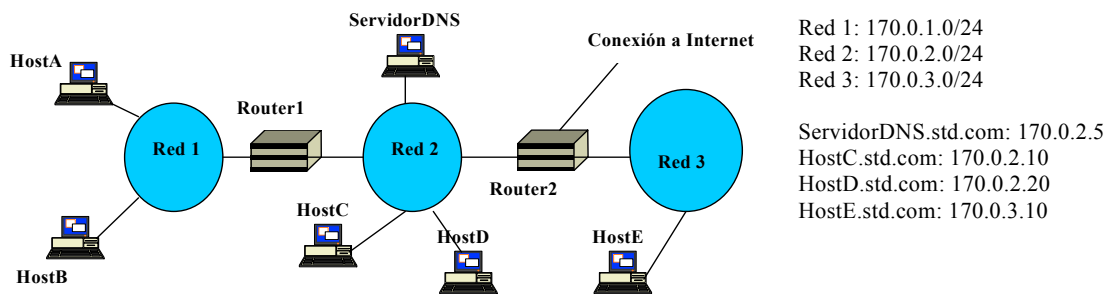
### Notas:

1. Para mostrar las tramas , datagramas y paquetes solicitados se hará uso de las estructuras que se muestran a continuación
2. Deberá tenerse en cuenta que en cada caso se mostrará toda la información relevante: si una trama Ethernet encapsula un mensaje ARP, deberá mostrarse la información de ambos.

CABECERA DE TRAMA ETHERNET	CABECERA DATAGRAMA IP	PAQUETE ARP	MENSAJE ICMP
@Física DESTINO @Física FUENTE	@IP DESTINO @IP FUENTE	TIPO DE COMANDO @Física de FUENTE @IP de FUENTE @Física PEDIDA @IP PEDIDA	TIPO MENSAJE ICMP

**Problema 2.**

Tenemos la red mostrada en la figura:



- El HostA es un PC con Linux. Lo queremos configurar de forma que su interfaz Ethernet tenga la dirección IP 170.0.1.30. Ejecutamos el comando `ifconfig eth0 170.10.1.30 netmask 255.255.255.0`. Una vez hecho esto, ¿tendremos conectividad con otras máquinas de la red o debemos ejecutar otro comando?. Si hay que ejecutar otro comando, decir cuál es y por qué es necesario.
- Suponemos que ya hemos ejecutado todos los comandos necesarios para configurar el hostA. Por error, la dirección IP que hemos asignado a HostA es la misma que la que utiliza el Host B. Desde HostA ejecutamos `ping 170.0.2.10` y observamos que hay conectividad. Decir qué paquetes se transmiten.
- A los pocos segundos ejecutamos desde HostB `ping 170.0.2.10`. Decir qué paquetes se transmiten. ¿Qué resultado obtendrá el usuario al ejecutar el ping?.
- A los pocos segundos desde HostC ejecutamos `ping HostB.std.com`. Decir qué paquetes se transmiten. ¿Qué resultado obtendrá el usuario al ejecutar el ping?.
- ¿Qué mecanismo se podría usar de forma automática para detectar el error de duplicar direcciones IP ?. Explicar cómo funcionaría dicho mecanismo.
- Hemos subsanado el error anterior (asignamos al HostA la dirección IP 170.0.1.31), pero al configurar el HostD volvemos a detectar problemas. Hemos ejecutado (en HostD) los comandos:

```
ifconfig lo 127.0.0.1
ifconfig eth0 170.0.2.20
```

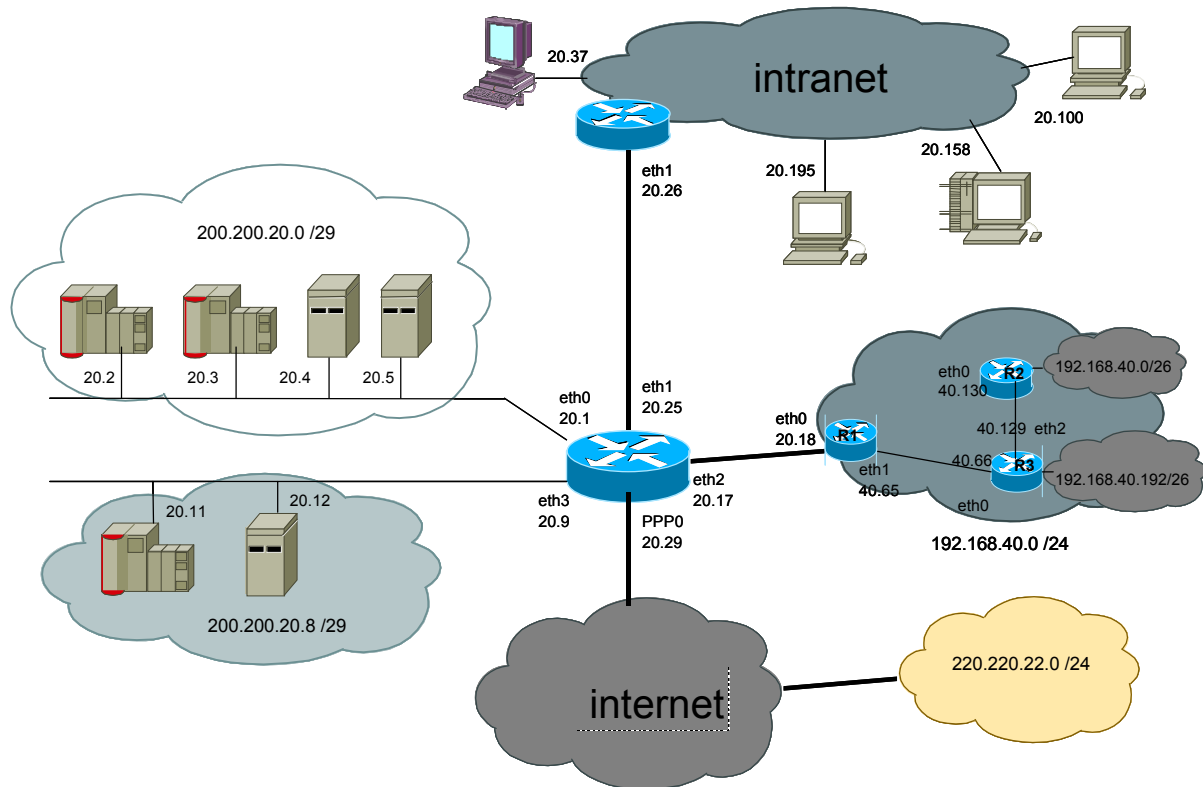
Desde dicho host ejecutamos varios comandos "ping". Decir para cada caso si obtenemos o no conectividad, justificando la respuesta:

```
ping HostD.std.com
ping HostE.std.com
ping 170.0.3.10
ping www.ac.upc.es
ping HostA.std.com
```

**Problema 3.**

Tenim la configuració de xarxa definida en la figura següent. Per fer el pla d'adreçament IP de la xarxa es disposa del rang d'adreces IP 200.200.20.0/24. Aquest rang d'adreces s'estructura en tres grans blocs: servidors públics amb accés lliure des de Internet, servidors amb accés restringit, i les màquines de la intranet (no accessibles des de Internet).

- Al conjunt de servidors amb accés restringit se'ls hi assigna la subxarxa 200.200.20.0/29.
- Als servidors públics (http, ftp, smtp, dns) se'ls hi assigna la subxarxa 200.200.20.8/29.
- Els subrangs 200.200.20.16/29 i 200.200.20.24/29 s'utilitzen per assignar les adreces als routers.
- La resta d'adreces del rang 200.200.20.0/24 que queden lliures s'utilitzen per a les màquines de la intranet.



- Nombre de màquines que es poden connectar a la sub-xarxa 200.200.20.0/29.
- Màscara corresponent a la sub-xarxa:
- Adreça de broadcast de la sub-xarxa:
- Quantes sub-xarxes /29 hi ha com màxim dins els rang 200.200.20.0/24 ?
- Quantes són les sub-xarxes del tipus /29 que queden per assignar a la intranet ?
- Quantes màquines (hosts) es poden connectar com a màxim dins la intranet ?
- Si es necessita organitzar la intranet amb dues sub-xarxes amb un mínim de 50 màquines cada una, quina estructura d'adreçament proposaríeu ? Indiqueu totes les sub-xarxes de la intranet amb la forma a.b.c.d/m

Les preguntes següents són independents de la distribució d'adreces i sub-xarxes que s'hagi escollit dins la intranet.

Se suposa que cada cop que iniciem una comanda nova totes les taules d'ARP estan buides.

Poseu la seqüència de trames amb el contingut corresponent per a cada una de les comandes següents incloent-hi la tornada del ping.

L'adreça MAC de les màquines s'indica amb el darrer octet de l'adreça IP (l'adreça MAC del host 200.200.20.2 és 02). Indiqueu l'adreça MAC de broadcast amb FF.

Ompliu les taules amb la informació que correspon a cada trama (nivell Ethernet, nivell IP i nivell protocol ICMP). Deixeu la casella buida si no correspon enviar-hi res.

## TEMA 2: IP

h) Des del host 200.200.20.5 es fa: `ping 200.200.20.2`

Eth	Eth	ARP	ARP	ARP	ARP	ARP	IP	IP	ICMP
@src	@dst	Query / Response	MAC sender	IP sender	MAC receiver	IP receiver	@src	@dst	Echo Request / Reply
05	FF	Q	05	20.5					

i) Des del host 200.200.20.5 es fa: `ping 200.200.20.12`

Eth	Eth	ARP	ARP	ARP	ARP	ARP	IP	IP	ICMP
@src	@dst	Query / Response	MAC sender	IP sender	MAC receiver	IP receiver	@src	@dst	Echo Request / Reply
05	FF	Q	05	20.5					

S'amplia el nombre de màquines connectades i cal utilitzar un rang d'adreces privat. Es defineix la sub-xarxa 192.168.40.0/24 i es configura tal i com mostra la figura.

Els routers de la xarxa (els de la figura) encaminen els rang 192.168.40.0/24 de manera que hi ha connectivitat interna entre les màquines amb adreçament privat i els servidors i amb les màquines de la intranet.

j) Suposem que es fa una consulta DNS des de la màquina 192.168.40.40 al servidor de DNS (200.200.20.11). Ompliu la taula següent amb la informació corresponent dels datagrames a l'entrada i sortida del router principal.

	IP	IP	Port UDP	Port UDP	DNS
	origen	destinació	origen	destinació	
Anada:					
Entrada eth2	192.168.40.40	200.200.20.11	1100	53	Query
Sortida eth3					Query
Tornada:					
Entrada eth3					Response
Sortida eth2					Response

Per tal de donar connectivitat externa a la xarxa amb adreçament privat cal configurar la funció de NAT (Network Address Translation) al router. El NAT gestiona el rang de ports entre el 3000 i el 3300.

k) Suposem que s'inicia una connexió TCP entre la màquina 192.168.40.40 i el servidor de web remot 220.220.22.12. Ompliu la taula següent amb la informació corresponent dels datagrames a l'entrada i sortida del router principal.

TEMA 2: IP

	IP	IP	Port TCP	Port TCP	TCP
	origen	destinació	origen	destinació	Flags
Anada:					
Entrada eth2	192.168.40.40	220.220.22.12	1030	80	SYN
Sortida PPP0					SYN
Tornada:					
Entrada PPP0					SYN+ACK
Sortida eth2					SYN+ACK

Es vol configurar una xarxa virtual privada (VPN) entre la seu principal (200.200.20.0/24) i la seu remota (220.220.22.0/24). Per a això es decideix configurar un túnel entre ambdues xarxes. Els extrems del túnel són els routers principals de cada seu, és a dir, 200.200.20.29 i 220.220.22.29.

- l) Des del host 200.200.20.5 es fa un *ping* 220.220.22.12. Ompli la taula següent amb la informació corresponent a la sortida del router per la interfície PPP0 (Internet).

	IP	IP	IP in IP	IP in IP	ICMP
	origen	destinació	origen	destinació	echo
Anada:					
g) Entrada eth0	200.200.20.5	220.220.22.12			RQ
Sortida PPP0					RQ

Se suposa que els routers (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> i R<sub>3</sub>) de la subxarxa privada 192.168.40.0/24 utilitzen el protocol RIPv2 com a protocol d'encaminament intern.

- m) Escriu la taula d'encaminament del router R<sub>3</sub> usant el següent format:

Adquisició	Xarxa destinació/Mask	Gateway	@IP Interfície sortida	Mètrica

On *Adquisició* és la lletra **C** si la xarxa destinació està directament connectada al router o la lletra **R** si la ha après mitjançant RIP. Omple les línies necessàries de aquesta taula.

- n) Si tenim activat *split-horizon* en tots els routers, escriu el contingut del missatge RIPv2 que enviarà el router R<sub>3</sub> al router R<sub>1</sub>. El missatge consta d'una llista de línies amb format:

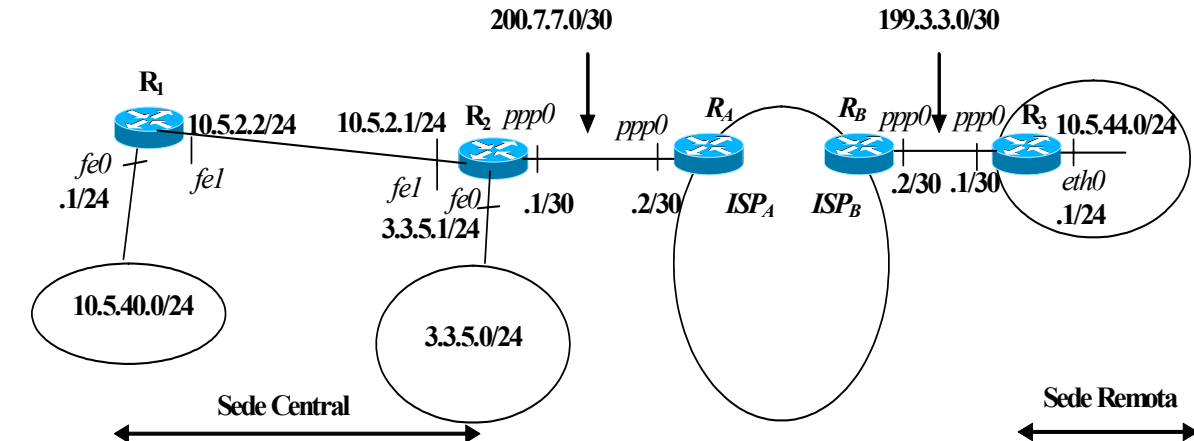
@IP <sub>Xarxa</sub>	Màscara	mètrica



**Problema 4.**

Disponemos de la red IP que se muestra en la figura. La red está dividida en dos. Una parte es una red privada (con direcciones 10.0.0.0/8). La otra parte es una red pública (con direcciones 3.3.5.0/24). La parte privada tiene una sede remota (subred 10.5.44.0/24) que es accesible desde la sede principal a través de Internet. La red dispone de un contrato con el ISP<sub>A</sub> para la conexión de la sede principal con Internet, y con el ISP<sub>B</sub> para la conexión de la red remota, usando las direcciones IP 200.7.7.0/30 y 199.3.3.0/30 respectivamente.

Desde la parte privada de la red (tanto en la sede principal como en la sede remota) se puede acceder a Internet o a la red 3.3.5.0/24 a través del router R<sub>2</sub>. Para permitir el acceso a Internet dicho router está configurado como NAT. Además para la conexión de la red privada en las dos sedes usamos un túnel IP en IP configurado entre R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub>.



Contesta a las siguientes cuestiones de forma razonada.

- ¿Cuál sería la tabla de encaminamiento del router R<sub>1</sub>?
- Hacemos un ping desde un host de la red 10.5.40.10 al host 10.5.44.8. Indica qué routers atraviesa el paquete ICMP ECHO REQUEST. Indica cuáles son las direcciones IP origen/destino del paquete. En el caso de necesitar un túnel, indica las direcciones para la cabecera interna y externa. (NO hace falta que indiques otros campos de la cabecera IP, paquetes ARP, etc)
- IDEM que c) si hacemos un ping de 10.5.40.10 al host 3.3.5.5
- IDEM que c) si el ping es desde el host 10.5.40.10 a la máquina 147.83.34.90.
- IDEM de c) si el ping se hace desde el host 10.5.44.8 a la máquina 147.83.34.90.
- IDEM que c) si el ping es desde el host 3.3.5.5 al host 147.83.34.90

En el router R<sub>1</sub> configuramos una lista de acceso sobre el tráfico de entrada de la interfaz fe1. Las reglas que hemos configurado permiten lo siguiente:

- Los servidores con puerto menor a 1024 de la subred 10.5.40.0/24 son solamente accesibles desde clientes de la red 10.0.0.0/8.
- Como excepción, los servidores web (80) de la subred 10.5.40.0/24 son accesibles desde cualquier cliente de la red 3.3.5.0/24.
- Los clientes de la subred 10.5.40.0/24 pueden acceder a cualquier servidor de las redes 10.0.0.0/8 y de la subred 3.3.5.0/24. Sin embargo solo pueden conectarse a los servidores web del resto de Internet.

- Escribir dicha ACL. El formato del ACL es:

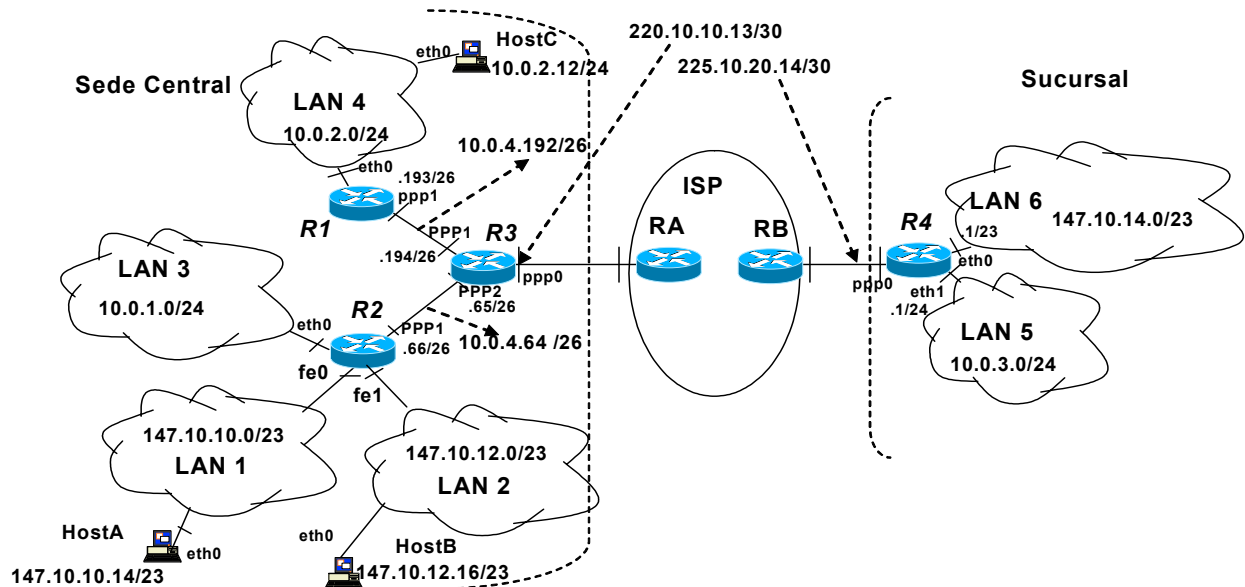
```
access-list #ID {deny/permit} {protocol} {@IPorg WildcardMaskorg}{@IPdst WildcardMaskdst }
{eq/geq/leq}{puertodst}
```

donde: eq es igual que, leq es menor o igual que y geq es mayor o igual que. puertodst se refiere al puerto de destino del paquete.

**Problema 5.**

La figura muestra la red corporativa de una empresa con una sede central y una sucursal. A los interfaces PPP de los routers R3 y R4, el ISP les asigna las direcciones públicas indicadas en la figura (220.10.10.13/30 y 225.10.20.14/30 respectivamente). De las subredes que forman la red, en algunas se asignarán direcciones IP privadas (direcciones 10.0....) y en otras, direcciones IP públicas. Para hacer esto último se han adquirido las direcciones públicas IP del rango determinado por 147.10.8.0/21. La figura muestra la asignación de direcciones y máscaras IP. En la sede central hay LAN1 y LAN2, en las que se asignan direcciones IP públicas.

En la red LAN6 de la sucursal también se asignan direcciones públicas. El resto de direcciones IP son privadas. HostA es un host que pertenece a LAN1 y tiene la dirección IP 147.10.10.14/23, HostB pertenece a LAN2 y posee la dirección IP 147.10.12.16/23, y HostC pertenece a LAN4 y tiene la dirección IP 10.0.2.12/24. Los dos routers R3 y R4 tienen capacidad para realizar tunneling y NAT.



a) Responde a las preguntas que siguen:

- 1) Asigna direcciones IP a las interfaces fe0 y fe1 del router R2.
- 2) El protocolo de encaminamiento que utilizan los routers de la red corporativa (Sede central y sucursal) es RIPv2. Muestra una posible tabla de encaminamiento del router R2 que permita una conectividad completa entre todas las máquinas de la empresa y de éstas con Internet. Utiliza el formato que se indica. En la columna Adquisición utiliza la notación que sigue: C para las entradas correspondientes a las redes a las que está directamente conectado, R para las entradas que se "aprenden" vía RIP, "S" para las entradas estáticas de la tabla y la columna Métrica si la hay.

Adquisición	Red destino / Máscara	Gateway	Interficie	Métrica
-------------	-----------------------	---------	------------	---------

b) Responde a las preguntas que siguen:

- 3) Imagina que HostA, en LAN1 realiza un ping a HostB en LAN2. Enumerar las tramas que circulan por las diferentes subredes hasta el momento en que el primer ECHO REPLY llega a HostA. Las ARP caches están vacías y las tablas de encaminamiento son estables y correctas. Para cada trama indicar la dirección física de origen, la dirección física destino, el tipo de contenido (mensaje ICMP ECHO REQUEST, ARP request, etc.), y los contenidos relevantes de cada tipo en términos de direcciones: para el ICMP @IP origen y @IP destino; para ARP, la @IP del origen del paquete ARP, @Física del origen del paquete ARP, la @IP del destinatario y la @ Física del destinatario (cuando se conozca).

**NOTA:** Utilizar la notación @Fis-IdMáquina-nombreInterface para indicar la dirección Física de una interficie. @Fis-HostA-eth0 indica la dirección física de la interficie eth0 de HostA.

- 4) Realizar el mismo ejercicio si HostA hace un ping a HostC.

*TEMA 2: IP*

- c) Como se ha dicho antes, los routers de la red corporativa hacen uso del protocolo de encaminamiento RIPv2. Supón el formato indicado debajo y ten en cuenta que la métrica de una red a la que se está directamente conectado es 1. Muestra los contenidos del mensaje RIPv2 enviado por R2 a R3 en las condiciones siguientes:

Red destino	Máscara	Métrica
-------------	---------	---------

- 5) Si el protocolo es RIPv2 con split horizon.
- 6) Si el protocolo es RIPv2 con split horizon con triggered update y poison reverse, cuando cae la conexión con LAN3.
- d) Indica qué routers atraviesa el mensaje RIPv2 enviado por R4 a R3. Indica cuáles son las direcciones IP origen/destino de los datagramas. En el caso de que exista tunnelling, muestra las direcciones de las cabeceras interna y externa. NO es necesario indicar otros campos de cabecera IP, paquetes ARP, etc!!
- e) Repetid lo hecho en la pregunta anterior si desde el HostC, en LAN4, se envía una petición de conexión a un servidor Web situado en la máquina 220.12.20.156.

## TEMA 3.a: Protocols ARQ

### Problema 1.

Es vol utilitzar un protocol de finestra sobre un enllaç punt a punt de les següents característiques: Distància, 3000 Km.

Velocitat propagació,  $v_p = 0.6 c$ . ( $c$  és la velocitat de la llum;  $c = 3 \times 10^8$  m/s).

Velocitat de transmissió,  $v_t = 1500$  Kbps.

Llargària de les trames,  $L = 64$  octets.

Retransmissió N-enrera.

- Quin valor donaries a la finestra?
- Quin valor posaries a la temporització de retransmissió?

### Problema 2.

Se dispone de un enlace punto a punto con 0,5 ms de propagación y a una velocidad de 1 Mb/s. Para transmitir información se usa un protocolo con control de errores Stop & Wait. La longitud de las tramas transmitidas es de 1000 bits. Los reconocimientos tienen una longitud de 32 bits. El número medio de transmisiones  $N_t$  es de 1.1 tramas. El temporizador de retransmisiones se activa a 10 ms. ¿Cuál es la cantidad de tramas por segundo ("throughput") que pueden ser transmitidas? Dibuja un diagrama de tiempos en que se observe el comportamiento del protocolo.

### Problema 3.

Sobre una connexió punt a punt "full duplex" s'utilitza un protocol de finestra i les característiques de funcionament són:

Llargària de la trama,  $L = 256$  octets

Velocitat de transmissió,  $v_t = 512$  Kbps

Temps de propagació,  $t_p = 100$  ms

Retransmissió N-enrera (Go-back-N)

El protocol del receptor introdueix la següent variació a l'hora d'enviar les confirmacions: només envia confirmacions cada 24 mil·lisegons, confirmant totes les trames que ha rebut des de la darrera confirmació enviada.

Les confirmacions poden anar dins d'una trama d'informació en l'altre sentit, o en trames específiques de 16 octets.

- Quin és el temps mínim que s'ha d'assignar a la temporització del transmissor per que no comenci a retransmetre trames abans d'hora?
- Quin valor assignaries a la finestra?
- Si durant un interval de temps es perden moltes confirmacions consecutives, la primera trama de confirmació que arribi correctament, com a màxim quantes n'haurà de confirmar?

### Problema 4.

Un enllaç de dades entre dos DTEs té una velocitat de transmissió de 256 Kbps. El temps de propagació extrem a extrem és de 0.5 ms. L'enllaç és FDX. El bloc de dades té en total de 512 octets i el bloc de confirmació també té 512 octets.

- Si el protocol de l'enllaç de dades és del tipus "RS" (transmissió continua), i tenint en compte que la capçalera del bloc de dades està formada per 8 octets i que el codi detector d'errors és un CRC de 32 bits, quina és l'eficiència màxima?
- Quin valor s'ha d'assignar al temporitzador de retransmissió?
- Quants blocs s'hauran de retransmetre quan es produeixi un error?
- Si el número medi de transmissions és de  $N_t = 1.5$ , quina és l'eficiència mitjana?

### Problema 5.

En un enllaç via satèl·lit entre dos DTEs el temps de propagació, estació de superfície - satèl·lit, és de 250 mil·lisegons i la velocitat transmissió és de 2 Mbps. Els blocs del protocol entre DTEs, tenen 1000 octets en total, dels quals 2 són de capçalera i 2 del codi detector d'errors. Dins la capçalera, s'utilitzen 4 bits per numerar les trames i 4 bits per a les confirmacions ("piggy-backing").

- Quina és la dimensió de la finestra òptima de transmissió?
- Quina és la velocitat efectiva màxima si es tracta d'un protocol "stop and wait"?
- Quina és la velocitat efectiva màxima si es tracta d'un protocol de retransmissió N-enrera?
- Quina és la velocitat efectiva màxima si es tracta d'un protocol de retransmissió selectiva?

## TEMA 3.b: Transport UDP/TCP

### Problema 1.

Desde un ordenador personal, y a través de un módem, se establece una sesión ftp con el servidor de ftp de la UPC, al tiempo que se monitoriza su evolución haciendo uso de una versión para Windows 95 ® de tcpdump (windump).

La tabla 1 muestra en la 1ª columna el número de línea de lo anotado en la 2ª. La 2ª columna muestra una captura de la pantalla de interacción del usuario con su cliente ftp y de éste con el servidor ftp. Lo tecleado por el usuario aparece en negrita y cursiva (el password –dirección de correo- ha sido alterado aunque se ha conservado el número de caracteres). Como puede observarse, una vez establecida la sesión ftp, el usuario se ha dirigido al directorio pub\doc\rfc y ha solicitado la transferencia del fichero ***rfc-index.txt*** que contiene una relación de todas las RFCs de Internet existentes. La tabla 2 muestra una parte de la captura de windump **EJECUTADO EN EL PC** (hasta el momento en que el cliente envía el password y el servidor de ftp lo acepta).

- A la vista del grafo de estados de TCP y de lo volcado en la tabla 2, especificar en que estado se encuentran los módulos TCP de ambos extremos DESPUES DE CADA UNO de los cuatro primeros segmentos que captura windump en el PC.
- Asociar los grupos de segmentos que viajan en un sentido y en otro a las fases por las que pasa la sesión FTP hasta que el password ha sido aceptado por el servidor (fases de FTP: aceptación de la sesión ftp por el servidor, petición de login, entrega de login, petición de password y entrega del mismo).

Cuando el usuario da la orden de transferir el fichero, se establece una nueva conexión TCP entre cliente y servidor. Así pues, en este momento hay dos conexiones TCP abiertas. La tabla 3 muestra partes importantes de esta conexión, **capturadas con windump EN EL SERVIDOR DE FTP (Daos cuenta de que en la tabla 2 la captura se realizaba en el PC y ahora la captura se realiza en el servidor de FTP).**

- ¿Cuál es el valor de la ventana de congestión del módulo TCP de la máquina defalla.upc.es en los puntos marcados del (1) al (7)?.
- ¿Cuál será aproximadamente el estado de ocupación de los buffers del módulo TCP del PC en los puntos (5) y (6)?.
- ¿Cuál creéis que debe ser el valor mínimo de la ventana de congestión del TCP de defalla.upc.es en el punto (8)? ¿Por qué se retransmite el segmento que acaba con el byte número 23361? ¿Cuál será el valor de la ventana de congestión en el punto (9)? ¿Cómo actuará el mecanismo de control de congestión e irá evolucionando la ventana de congestión a partir de aquí?.
- ¿Qué está sucediendo a partir del punto (10)? ¿Estaría acabada la sesión ftp para el usuario en el punto (11)? Razonad la respuesta.

TABLA 1: CAPTURA FTP: CAPTURA DE PANTALLA DE USUARIO

1	C:\> <b>ftp</b> ftp.upc.es
2	Connected to defalla.upc.es.
3	220- O O O
4	220- O O O Servei d'FTP de la UPC
5	220- O O O
6	220- U P C
7	220-
8	220-
9	220 defalla.upc.es FTP server (Thu Dec 23 17:22:07 MET 1999) ready.
10	User (defalla.upc.es:(none)): <b>anonymous</b>
11	331 Guest login ok, send your complete e-mail address as password.
12	Password: <b>aaaaaaaa@aa.aaa.aa</b>
13	230 Guest login ok, access restrictions apply.
14	<b>ftp&gt; cd pub</b>
15	250 CWD command successful.
16	<b>ftp&gt; cd doc</b>
17	250 CWD command successful.
18	<b>ftp&gt; cd rfc</b>
19	250-Please read the file README
20	250- it was last modified on Tue Aug 17 00:00:00 1999 - 508 days ago
21	250 CWD command successful.
22	<b>ftp&gt; get rfc-index.txt</b>
23	200 PORT command successful.
24	150 Opening ASCII mode data connection for rfc-index.txt (452955 bytes).
25	226 Transfer complete.
26	463540 bytes received in 66.73 seconds (6.95 Kbytes/sec)
27	<b>ftp&gt; quit</b>
28	221 Goodbye.

TABLA 2: CAPTURA FTP (PARTE INTERACTIVA: CONEXIÓN DE CONTROL)

CAPTURA POR WINDUMP (TCPDUMP)
20:38:15.444968 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064 > defalla.upc.es.21: S 1086533:1086533(0) win 8192 <mss 1460> (DF)
20:38:33.553968 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064 > defalla.upc.es.21: S 1086533:1086533(0) win 8192 <mss 1460> (DF)
20:38:33.710154 defalla.upc.es.21 > 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064: S
2104269198:2104269198(0) ack 1086534 win 8760 <mss 1460> (DF)
20:38:33.726773 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064 > defalla.upc.es.21: . ack 1 win 8760 (DF)
20:38:44.147755 defalla.upc.es.21 > 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064: P 1:13(12) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x10]
20:38:44.328946 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064 > defalla.upc.es.21: . ack 13 win 8748 (DF)
20:38:44.523575 defalla.upc.es.21 > 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064: P 13:164(151) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x10]
20:38:44.644831 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064 > defalla.upc.es.21: . ack 164 win 8597 (DF)
20:38:47.157912 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064 > defalla.upc.es.21: P 1:17(16) ack 164 win 8597 (DF)
20:38:47.327138 defalla.upc.es.21 > 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064: . ack 17 win 8760 (DF) [tos 0x10]
20:38:47.342767 defalla.upc.es.21 > 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064: P 164:232(68) ack 17 win 8760 (DF) [tos 0x10]
20:38:47.448858 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064 > defalla.upc.es.21: . ack 232 win 8529 (DF)
20:38:55.059919 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064 > defalla.upc.es.21: P 17:42(25) ack 232 win 8529 (DF)
20:38:55.223013 defalla.upc.es.21 > 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064: P 232:280(48) ack 42 win 8760 (DF) [tos 0x10]
20:38:55.327765 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1064 > defalla.upc.es.21: . ack 280 win 8481 (DF)

TABLA 3: CAPTURA TABLA 3 (INTERCAMBIO MASIVO DE DATOS: CONEXIÓN DE TRANSFERENCIA)

CAPTURA POR WINDUMP (TCPDUMP) -SIN INDICACIÓN TEMPORAL-
<pre> defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: S 2116394541:2116394541(0) win 8760 &lt;mss 1460&gt; (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: S 2116394541:2116394541(0) win 8760 &lt;mss 1460&gt; (DF) [tos 0x8] 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: S 1124670:1124670(0) ack 2116394542 win 8760 &lt;mss 1460&gt; (DF) defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] (1)-----&gt; defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 1:1461(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: . ack 1461 win 8760 (DF) (2)-----&gt; defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 1461:2921(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 2921:4381(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: . ack 2921 win 8760 (DF) (3)-----&gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: . ack 4381 win 8760 (DF) (4)-----&gt; defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 4381:5841(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 5841:7301(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: . ack 5841 win 2048 (DF) (5)-----&gt; defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 7301:8761(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: . ack 7301 win 4096 (DF) (6)-----&gt; defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 8761:10221(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: . ack 8761 win 8760 (DF) (7)-----&gt;  Se han suprimido líneas .....  defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 16061:17521(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 17521:18981 (1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 18981:20441(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 20441:21901(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: . ack 21901 win 8760 (DF) (8)-----&gt; defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 21901:23361(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 23361:4821(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 24821:26281(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 26821:27741(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 27741:29201(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . 21901:23361(1460) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: . ack 23361 win 8760 (DF) (9)-----&gt;  Se han suprimido líneas .....  defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: F 463133:463541(408) ack 1 win 8760 (DF) [tos 0x8] (10)----&gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: . ack 463542 win 8760 (DF) 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075 &gt; defalla.upc.es.20: F 1:1(0) ack 463542 win 8760 (DF) defalla.upc.es.20 &gt; 193-153-26-166.uc.nombres.ttd.es.1075: . ack 2 win 8760 (DF) [tos 0x8] (11)----&gt; </pre>

**Problema 2.**

A continuació hi ha una traça capturada amb `tcpdump ip -i eth0 > trace`. El contingut del fitxer trace, es el següent:

```
12:55:45.92 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: S 3125459530:3125459530(0) win 255 <mss 536>
(1)→
12:55:45.92 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: S 2025570752:2025570752(0) ack 3125459531 win 32736 <mss 1460>
(2)→
12:55:45.98 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 1 win 65534
(3)→
Ara el client envia una comanda HTTP "GET" al servidor...
12:55:45.99 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: P 1:103(102) ack 1 win 65534
El servidor contesta...
12:55:46.00 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: P 1:537(536) ack 103 win 32736 (DF)
12:55:46.03 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 537 win 64998
(4)→
12:55:46.03 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 537:1073(536) ack 103 win 32736 (DF)
12:55:46.03 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 1073:1609(536) ack 103 win 32736
12:55:46.07 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 1073 win 64998
12:55:46.07 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 1609 win 64998
12:55:46.10 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 1609:2145(536) ack 103 win 32736
12:55:46.10 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 2145:2681(536) ack 103 win 32736
12:55:46.10 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 2681:3217(536) ack 103 win 32736
12:55:46.11 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 3217:3753(536) ack 103 win 32736
12:55:46.12 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 2145 win 64998
12:55:46.12 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 2681 win 64998

12:55:46.12 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 3217 win 64998
12:55:46.12 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 3753:4289(536) ack 103 win 32736
12:55:46.13 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 3217 win 64998
12:55:46.13 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 4289:4825(536) ack 103 win 32736
12:55:46.13 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 3217 win 64998
12:55:46.30 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 4825:5361(536) ack 103 win 32736
12:55:46.32 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 3217:3753(536) ack 103 win 32736
12:55:46.32 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 3753:4289(536) ack 103 win 32736
12:55:46.33 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 5361 win 64998
(5)→
Hem eliminat algunes línies...
12:55:57.32 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 15217:15753(536) ack 103 win 32736
12:55:57.32 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 15753:16289(536) ack 103 win 32736
12:55:57.63 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 15217 win 536
12:55:57.63 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 16289:16825(536) ack 103 win 32736
12:55:57.63 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: . 16825:17361(536) ack 103 win 32736
12:55:58.93 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 15753 win 0
12:55:58.93 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 17361 win 536
(6)→
12:55:59.03 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: F 17361:17361(0) ack 103 win 32736
(7)→
12:55:59.03 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: . ack 17362 win 32736
(8)→
12:55:59.03 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: F 103:103(0) ack 17362 win 32736
(9)→
12:55:59.05 PC4.local.9088 > Servidor2.local.www: F 103:103(0) ack 17362 win 32736
(10)→
12:55:59.06 Servidor2.local.www > PC4.local.9088: ack 104 win 32736
```

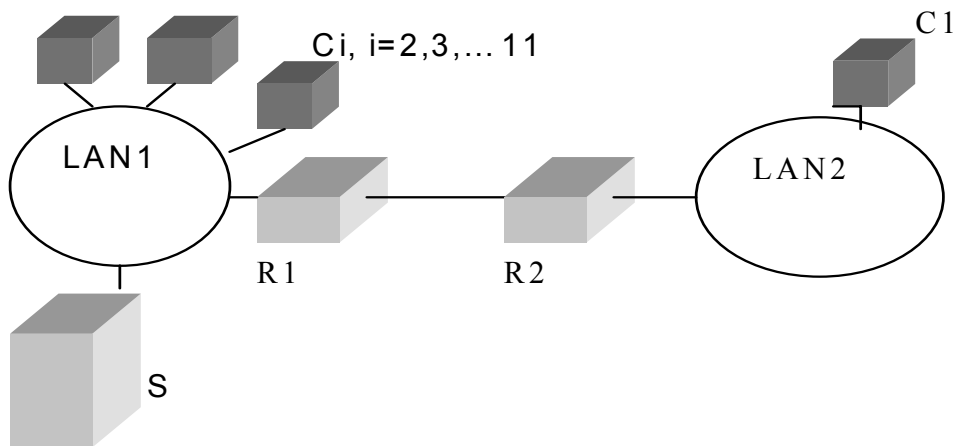
- Dedueix qui és el client i el servidor.
- Dedueix si la traça s'ha capturat en el client o el servidor.
- Digues quin és l'estat del client i del servidor als punts (1), (2), (3), (4) i (5).



- d) Quina serà la finestra de congestió del client en el punt 4?
- e) Digues quina serà, probablement, l'ocupació dels buffers de transmissió i de recepció TCP del client i del servidor en els punts (5) i (6).
- f) Per què tenim just abans del punt (5) tres ACKs enviats per el client al servidor, confirmant els mateixos bytes?
- g) Explica per què el client envia un ACK del byte 5361 després de la retransmissió del segments 3217:3753 i 3753:4283 (punt (5)).
- h) Explica en quins estats es troben el client i el servidor en els punts (7), (8), (9), i (10).

### Problema 3.

Tenemos la red que se muestra en la figura. S es un servidor de ficheros. Los clientes  $C_i$  ( $i=1,2,\dots,11$ ) ejecutan una aplicación que lee un fichero de S y lo almacena en su disco local.



Suponemos que tanto los clientes como el servidor tienen una CPU con una velocidad de proceso muy alta (supondremos que es infinitamente rápida). Sin embargo el acceso a sus discos está limitado: el servidor puede leer de su disco como máximo a 8 MBps (es decir 64 Mbps) mientras que los clientes pueden escribir de forma sostenida en su disco como máximo a 2 MBps (16 Mbps).

Cuando se establece una conexión TCP tanto los clientes como el servidor reservan buffers de transmisión y de recepción de 16 KB.

Los routers R1 y R2 tienen buffers por cada interface de salida con capacidad limitada a 12 KB (8 paquetes de 1500 B).

Las dos LANs son de gran capacidad (100 Mbps) mientras que el enlace punto a punto es mucho más lento (100 kbps). Los retardos de propagación son despreciables.

La MTU en toda la red es de 1500 B.

Las pérdidas por errores de transmisión en las dos LANs y en el enlace punto a punto son despreciables.

**Apartado 1:** Supongamos que el cliente C1 establece una conexión TCP con el servidor S.

- a) ¿Qué segmentos se intercambian durante el establecimiento de la conexión? ¿Qué valores tendrán en esos segmentos los siguientes flags: SYN, FIN, RST, ACK? ¿Qué MSS se anunciará?
- b) Explica los motivos por los que los números de secuencia iniciales en TCP se escogen de forma aleatoria.

### TEMA 3: Protocols punt-a-punt

Ejecutamos el comando `netstat -a` en el servidor S y obtenemos la siguiente salida:

Local Address	Remote Address	State
-----	-----	-----
*.111	*.*	LISTEN
*.21	*.*	LISTEN
147.83.30.10.3045	147.83.30.33.60	ESTABLISHED
147.83.30.10.111	147.83.30.20.3200	SYN_RCVD
127.0.0.1.111	127.0.0.1.3200	ESTABLISHED
147.83.30.10.21	147.83.30.20.2000	FIN_WAIT1

- c) ¿Cuántos servidores tenemos activos en S? ¿Por qué en la columna "Local Address" encontramos dos direcciones IP distintas? ¿En qué conexión/conexiones S actúa como cliente?
- d) ¿Qué secuencia de intercambio de segmentos ha ocurrido probablemente en la conexión en estado SYN\_RCVD? ¿Y en la conexión en estado FIN\_WAIT1? ¿Qué esperas que suceda en los próximos segundos en las dos anteriores conexiones?.

**Apartado 2:** Supongamos ahora que en la red solo hay activa la conexión entre S y C1.

- a) Qué limita la velocidad de transferencia a largo plazo, la ventana de congestión o la ventana anunciada?(razona tu respuesta).
- b) Decir cuál será la ocupación (lleno/vacío) a largo plazo de los siguientes buffers:
- Buffer de transmisión y buffer recepción de S.
  - Buffer de transmisión y buffer recepción de C1.
  - Buffer asociado al interface línea serie y buffer asociado al interface ethernet de R1.
  - Buffer asociado al interface línea serie y buffer asociado al interface ethernet de R2.
- c) ¿Qué ventanas anunciadas viajarían en los segmentos de S a C1? Idem para los segmentos que van de C1 a S.

**Apartado 3:** Cerramos la conexión anterior y abrimos una nueva conexión entre S y C2.

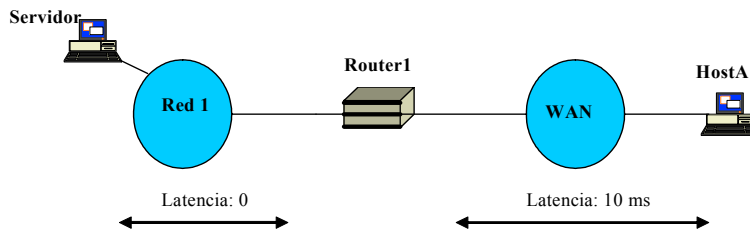
- a) ¿Qué limita, a largo plazo, la velocidad de transferencia, la ventana de congestión o la ventana anunciada?. Decir de forma aproximada cuál será, a largo la plazo, la velocidad de transferencia que obtendremos (en bps).
- b) Decir cuál será la ocupación (lleno/vacío) a largo plazo de los siguientes buffers:
- Buffer de transmisión y buffer recepción de S.
  - Buffer de transmisión y buffer recepción de C2.
- c) ¿Qué ventanas anunciadas viajarían en los segmentos de S a C2? Idem para los segmentos que van de C2 a S.

**Apartado 4:** Supongamos que ahora establecemos conexiones entre el servidor S y todos los clientes de la LAN1, es decir Ci, i=2..11.

- a) ¿Qué limita ahora, a largo plazo, la velocidad de transferencia? Decir de forma aproximada cuál será, a largo la plazo, la velocidad de transferencia que obtendremos **por cada conexión** (en bps).
- b) Decir cuál será la ocupación (lleno/vacío) a largo plazo de los siguientes buffers:
- Buffers de transmisión y buffers recepción de S.
  - Buffer de transmisión y buffer recepción de Ci.
- c) ¿Qué ventanas anunciadas viajarían en los segmentos de S a Ci? Idem para los segmentos que van de Ci a S.

#### Problema 4.

Tenemos la red mostrada en la figura:



Las velocidades de transmisión en todos los enlaces es muy elevada, y la consideraremos infinita

El HostA se conecta al puerto de carga del servidor.

La latencia introducida en la red 1 es despreciable mientras que en la WAN tenemos una latencia de 10 ms.

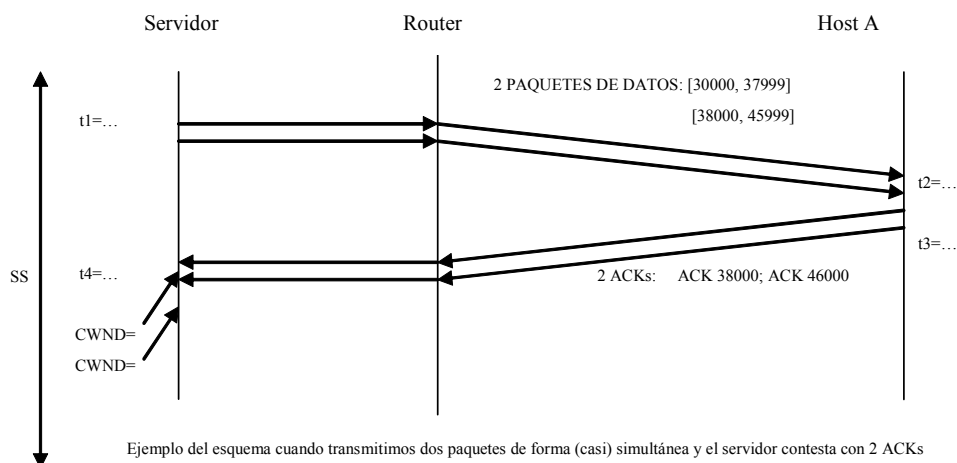
En todos los enlaces la velocidad de transmisión es muy elevada y la consideraremos infinita.

Inicialmente supondremos que no se producen pérdidas y que el tamaño de los buffers del router es infinito.

Supondremos además que la velocidad de procesamiento del servidor y del Host es también infinitamente grande.

Cuando un segmento lleva datos tiene un tamaño de 8 KB y el valor máximo de la ventana de transmisión es de 64 KB. Es decir: Ventana Transmisión =  $\text{MIN}(64 \text{ KB}, \text{awnd}, \text{cwnd})$ , donde  $\text{awnd}$  es la ventana anunciada y  $\text{cwnd}$  es la ventana de congestión.

a) Hacer un esquema como el mostrado en el que se indique CLARAMENTE los instantes de llegada y salida al Host A y al servidor de los segmentos TCP. Mostrar los primeros 140ms de tiempo. Si varios paquetes se transmiten o reciben en el mismo instante de tiempo, indicarlo tal como se muestra en el esquema ejemplo. Después de la recepción de cada segmento por parte del HostA se debe indicar el valor de la ventana de congestión. Supondremos que el Host A envía un ACK por cada segmento de datos que recibe. En cada segmento de datos indicar la numeración de los bytes que transporta. En los ACKs indicar hasta qué byte confirman. Suponemos que empezamos a numerar los bytes desde 0. (Intentar que el esquema quepa en una página).



¿Cuál es el valor máximo de la ventana de transmisión que alcanzaremos? ¿Cuál es la velocidad media de transferencia de datos entre el servidor y el host A que tendremos en régimen estacionario (en Mbps)?

En el siguiente apartado supondremos que la red 1 introduce pérdidas en los segmentos. Más exactamente supondremos que si el servidor empieza a numerar los datos en el byte 0, tenemos una pérdida la primera vez que transmitimos el segmento que lleva los bytes (32000,39999). Suponemos que los paquetes de tamaño 40 bytes (es decir, ACKs, SYNs, etc) que atraviesan la red *en cualquier sentido* nunca se pierden.

Hacemos las siguientes suposiciones:

- El TCP del servidor y del router sólo incorpora los mecanismos de Slow Start y de Congestion Avoidance pero no otros mecanismos como Fast retransmit, Fast recovery, etc.
- El valor del temporizador RTO de TCP se mantiene a un valor constante de 22 ms.

Tener en cuenta además que:

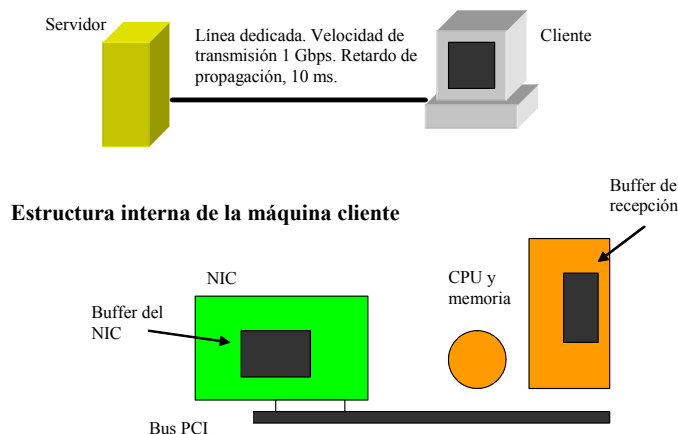
- Los ACKs duplicados no incrementan la ventana de congestión.

### TEMA 3: Protocols punt-a-punt

- Los ACKs acumulados son tomados como un único ACK a la hora de incrementar la ventana de congestión.
  - La ventana de transmisión se refiere a los segmentos TCP que han sido enviados pero que no han sido confirmados.
- b) Hacer una gráfica similar a la anterior, también hasta el instante 140 ms, en la que se muestre la evolución de la transmisión en este caso. Indicar la duración de las fases de Slow Start y las fases de Congestion Avoidance. Además del valor de `cwnd`, especificar el valor de `ssthresh`.
- c) En el apartado anterior suponíamos que el temporizador RTO de TCP se mantiene constante. Sin embargo en realidad esto no sucederá así. Explicar brevemente qué mecanismo se utiliza para fijar el valor de dicho temporizador. NO es necesario que expliques el algoritmo concreto que se utiliza (algoritmo de Van Jacobson y Karels).

#### Problema 5.

Supongamos que conectamos un servidor remoto de nuestra empresa a un cliente local a través de una línea dedicada a 1 Gbps. El retardo de propagación de la señal a lo largo de dicha línea es de 10 ms (ver figura).



La máquina cliente es un PC equipado con una CPU que trabaja a una velocidad muy elevada (que consideraremos infinita) de forma que el proceso cliente consume los datos del buffer de recepción también a velocidad muy elevada (que consideraremos infinita). El bus de E/S de dicho sistema, al cual conectamos la tarjeta de red, es un bus PCI, con una velocidad máxima de transferencia de 1 Gbps. Sin embargo dicho bus es utilizado también por otros periféricos del sistema, de forma que la velocidad efectiva a la que la tarjeta de red puede enviar los datos a memoria es de sólo un 10% de la velocidad máxima de transferencia del bus.

El sistema operativo del cliente reserva 32 KBytes para el buffer de recepción de datos TCP. El valor máximo de la ventana de congestión es de 64 Kbytes.

El servidor realiza hacia el cliente una transferencia continua de datos, enviados en tramas con MSS de 1000 Bytes. El cliente solo envía en sentido contrario ACKs TCP de 40 Bytes.

Supongamos que compramos para el cliente una tarjeta de red con un buffer de paquetes con una capacidad muy grande (ilimitada) y que la máquina cliente envía un ACK por cada segmento TCP correctamente recibido.

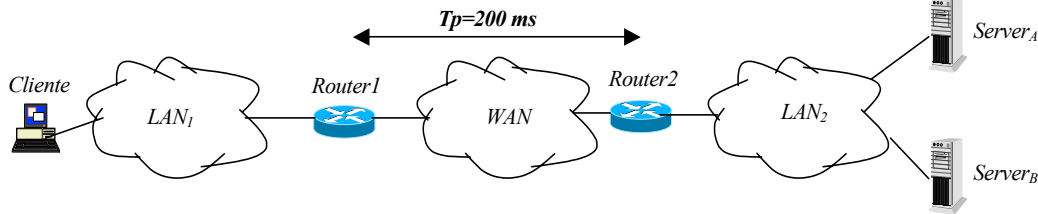
- Dibujar en forma de gráfica cuál será la evolución de la *ventana de transmisión* en el servidor, de la *ventana anunciada* por el cliente y de la velocidad de transferencia entre el servidor y el cliente. Considerar que el instante de tiempo  $t=0$  corresponde a la finalización del proceso de establecimiento de la conexión. Indicar claramente los tiempos en el eje X. Indicar en dicha gráfica en que fase de control de congestión se haya el servidor.
- ¿Cuál será la máxima velocidad de transferencia que alcanzaremos?
- ¿Cuántos datos tendremos almacenados en el buffer de la tarjeta de red?
- ¿Cómo variarían las respuestas b) y c) si en vez de TCP usamos UDP como protocolo de transporte?

Supongamos ahora que la tarjeta de red que empleamos solo tiene capacidad de almacenamiento para 3 paquetes de datos.

- misma pregunta que en a).
- misma pregunta que en b)
- misma pregunta que en d)

**Problema 6.**

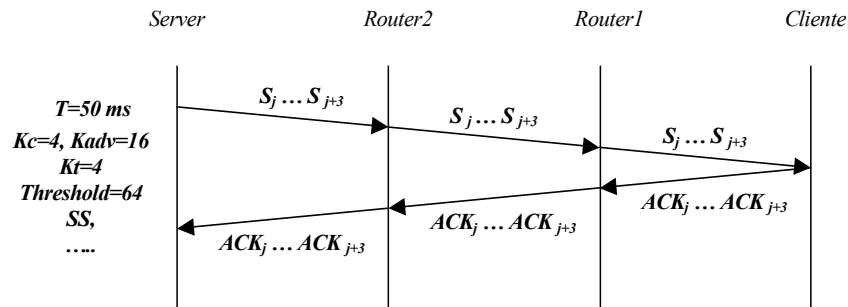
Un cliente está conectado a 2 servidores remotos ( $Server_A$  y  $Server_B$ ) con una conexión a través de una WAN usando un router de salida (router1), tal como muestra la figura. La propagación en las LANs es despreciable y la propagación en la WAN es de 200 ms. El cliente efectuará peticiones al puerto charge de los servidores.



Los terminales (clientes o servidores) acceden a las LANs con una MTU de 1000 Bytes (40 Bytes de ACKs TCP) y una velocidad de transmisión muy elevada (ejemplo, 1 Gbps) para el cliente y los servidores. De hecho por simplicidad consideraremos que dicha velocidad es infinita. El acceso a la WAN es de 10 Mbps para cada sentido de la comunicación. En el cliente se reserva 32 Kbytes para el búfer de recepción y el valor máximo de la ventana de congestión es de 64 Kbytes. Los routers tienen buffers de 64 Kbytes para cada sentido de la transmisión.

Inicialmente el cliente se conecta al servidor A con una conexión al puerto charge.

- Dibuja un esquema temporal donde se muestre el intercambio de segmentos TCP desde el inicio (incluyendo el 3WSH) de la conexión hasta la transmisión del segmento  $S_{80}$ . Sigue el formato de la figura (en que se dibuja la transmisión de 4 segmentos, segmento del  $S_j$  a  $S_{j+3}$  así como de sus ACKs en cada tramo de la comunicación). Indica el valor de la ventana de congestión ( $K_c$ ), el threshold, la fase (Slow Start, SS o Congestion Avoidance, CA) en que se encuentra TCP al inicio de la transmisión de cada grupo de segmentos y cualquier otro evento que creas necesario.
- Dibuja la evolución de la ventana de transmisión, ventana advertida y de congestión, indicando los valores de la ventana de advertida, de congestión y de transmisión en los instantes que consideres más significativos.



- ¿Qué throughput medio se obtiene para esta conexión una vez finalizado el transitorio?

Ahora el cliente abre una conexión charge al servidor B manteniendo la conexión al servidor A. Asumimos que los servidores comparten la LAN equitativamente con un protocolo de acceso al medio.

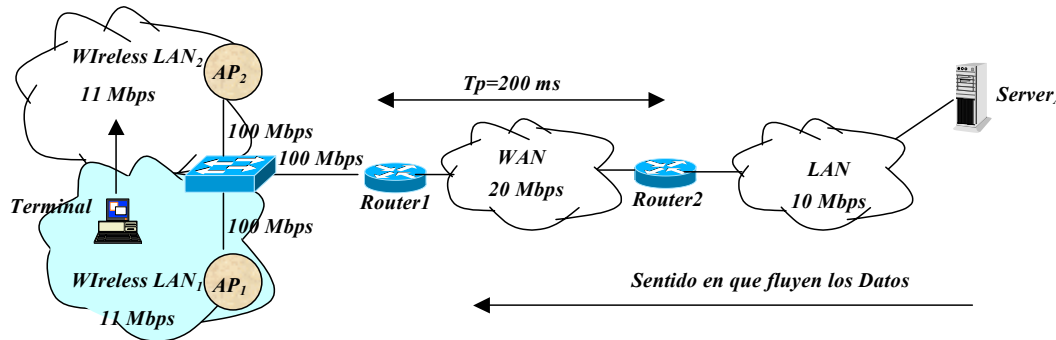
- ¿Qué throughput medio se obtiene para cada una de las conexiones del cliente una vez finalizado el transitorio? ¿Cómo cambiarían los resultados si el tiempo de propagación fuera de 500 ms?

Asumimos ahora que las conexiones usan como protocolo de transporte UDP y los dos servidores devuelven datos al cliente sin parar.

- ¿Qué throughput medio para los datos recibidos por el cliente tendríamos para cada una de las transferencias si el bufer del router es de 32 Kbytes? ¿Cómo varía si pasamos de un búfer de 32 Kbytes a 64 Kbytes? Justifica la respuesta.

**Problema 7.**

Disponemos de un terminal que se conecta a una red Wireless 802.11b (a 11 Mbps). Las redes Wireless LAN1 y Wireless LAN2 se conectan al router de salida a través de sus respectivos Access Points (AP) conectados a un switch Ethernet con todos sus puertos a 100 Mbps. El acceso a Internet del router de salida es de 20 Mbps. Disponemos de un servidor remoto conectado a una LAN de 10 Mbps. Los tiempos de propagación dentro de las Wireless LANs o en la LAN son despreciables y la propagación en la WAN es de 200 ms. El terminal, conectado inicialmente a la Wireless LAN1, establece una conexión al servidor a través del Router1. Recuerda que los datos fluyen en dirección Server a cliente. El cliente asigna un buffer de recepción de 32 KB. El tamaño del MSS (Maximum Segment Size) es de 1000 Bytes. El tamaño máximo de la ventana de congestión es de 64 KB de forma que  $Kt = \min(64KB, adwnd, cwnd)$ . Los buffers de los switches, Access Points y routers se consideran infinitos.



- Dibuja la evolución de la ventana de transmisión, ventana advertida y de congestión, indicando los valores de la ventana advertida, de congestión, de transmisión, el threshold y el estado en que se encuentra (SS o CA) el control de la congestión en los instantes que consideres más significativos.
- ¿Qué throughput medio se obtiene para esta conexión una vez finalizado el transitorio?
- ¿Cuál sería el efecto de aumentar el tamaño del buffer de recepción de 32KB a 64KB?

El terminal se mueve por la zona de cobertura de la Wireless LAN<sub>1</sub> hasta que pierde la cobertura del Access point AP<sub>1</sub>. Cuando entre en la zona de cobertura de la Wireless LAN<sub>2</sub>, el terminal se registra con el nuevo AP<sub>2</sub> y continúa con la comunicación. Mientras el terminal se registra en el AP<sub>2</sub>, el terminal no puede recibir los paquetes que se le enviaban al AP<sub>1</sub> al no tener cobertura con dicho AP ni puede recibirlos por el AP<sub>2</sub> porque todavía no se ha registrado con dicho AP. A este proceso de moverse de una zona de cobertura a otra se le llama "handoff". Asumimos que el proceso de registro dura 0,5 segundos. Continuamos con los supuestos "buffers infinitos en todos los dispositivos" y "buffer de recepción de 32KB".

- ¿Cuántos segmentos se pueden perder como máximo durante el proceso de handoff?
- Dibuja la evolución de la ventana de transmisión, ventana advertida y de congestión, indicando los valores de la ventana advertida, de congestión, de transmisión, el threshold y el estado en que se encuentra (SS o CA) el control de la congestión en los instantes que consideres más significativos para el caso de que el buffer de recepción del cliente sea 32 KB. Asume que el cliente llevaba varios segundos recibiendo datos y dibuja desde el instante antes de que se produzca el handoff, hasta el tiempo necesario después del handoff para que la conexión se establezca.
- ¿Cuál sería el efecto de aumentar el tamaño del buffer de recepción de 32KB a 64KB?

Asumimos que la conexión es UDP en vez de TCP y que todos los buffers tienen un tamaño infinito. Transmitimos 50 MB de información desde el servidor al cliente. Justo inmediatamente después de iniciar la conexión UDP se produce un handoff.

- ¿Cuántos Bytes se pierden debido al handoff?

### TEMA 3: Protocols punt-a-punt

```

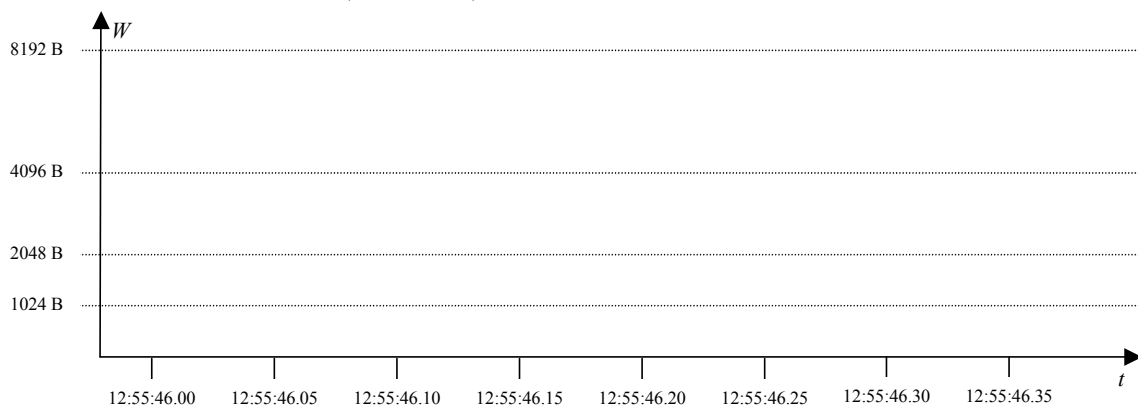
12:55:45.92 PC1:1025 > Serv2:80: S 3125459530:3125459530(0) win 255 <mss 536>
12:55:45.92 Serv2:80 > PC1:1025: S 2025570752:2025570752(0) ack 3125459531 win 32736 <mss 1460>
12:55:45.98 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 1 win 65534
12:55:45.99 PC1:1025 > Serv2:80: P 1:103(102) ack 1 win 65534
12:55:46.00 Serv2:80 > PC1:1025: P 1:537(536) ack 103 win 32736
12:55:46.03 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 537 win 64998
12:55:46.03 Serv2:80 > PC1:1025: . 537:1073(536) ack 103 win 32736
12:55:46.03 Serv2:80 > PC1:1025: . 1073:1609(536) ack 103 win 32736
12:55:46.07 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 1073 win 64998
12:55:46.07 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 1609 win 64998
12:55:46.10 Serv2:80 > PC1:1025: . 1609:2145(536) ack 103 win 32736
12:55:46.10 Serv2:80 > PC1:1025: . 2145:2681(536) ack 103 win 32736
12:55:46.10 Serv2:80 > PC1:1025: . 2681:3217(536) ack 103 win 32736
12:55:46.11 Serv2:80 > PC1:1025: . 3217:3753(536) ack 103 win 32736
12:55:46.12 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 2145 win 64998
12:55:46.12 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 2681 win 64998
12:55:46.12 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 3217 win 64998
12:55:46.12 Serv2:80 > PC1:1025: . 3753:4289(536) ack 103 win 32736
12:55:46.13 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 3217 win 64998
12:55:46.13 Serv2:80 > PC1:1025: . 4289:4825(536) ack 103 win 32736
12:55:46.13 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 3217 win 64998
12:55:46.30 Serv2:80 > PC1:1025: . 4825:5361(536) ack 103 win 32736
12:55:46.32 Serv2:80 > PC1:1025: . 3217:3753(536) ack 103 win 32736
12:55:46.33 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 5361 win 64998
# ... línies esborrades
12:55:57.32 Serv2:80 > PC1:1025: . 15217:15753(536) ack 103 win 32736
12:55:57.32 Serv2:80 > PC1:1025: . 15753:16289(536) ack 103 win 32736
12:55:57.63 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 15217 win 536
12:55:57.63 Serv2:80 > PC1:1025: . 16289:16825(536) ack 103 win 32736
12:55:57.63 Serv2:80 > PC1:1025: . 16825:17361(536) ack 103 win 32736
12:55:58.93 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 15753 win 0
12:55:58.93 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 17361 win 536
12:55:59.03 Serv2:80 > PC1:1025: F 17361:17361(0) ack 103 win 32736
12:55:59.03 PC1:1025 > Serv2:80: . ack 17362 win 32736
12:55:59.03 PC1:1025 > Serv2:80: F 103:103(0) ack 17362 win 32736
12:55:59.05 PC1:1025 > Serv2:80: F 103:103(0) ack 17362 win 32736
12:55:59.06 Serv2:80 > PC1:1025: . ack 104 win 32736

```

#### Problema 8.

El bolcat anterior correspon a una descàrrega HTTP/1.0 d'una pàgina web entre un client PC1 y un servidor Serv2. Contesta les següents preguntes justificant la resposta i comentant les suposicions que facis.

- Digues la mida en bytes de la petició http enviada pel client i de la pàgina descarregada.
- Quina ha estat la velocitat efectiva de la descàrrega?
- Dibuixa el diagrama de temps tot indicant els estats pels que passa tant el client PC1 com el servidor Serv2. No cal que indiquis els instants de temps, només identifica els estats en el diagrama i els segments rellevants amb els seus flags.
- Digues quins segments s'han perdut.
- Dibuixa l'evolució de la mida de la finestra des de la connexió fins els punts suspensius. Indica en quin és el llindar d'*slow start* (*ssthreshold*).



**Problema 9.**

Tenim una connexió TCP que transmet d'un sistema  $p_{cA}$  a un  $p_{cB}$  en les que els segments van plens (l'omplen amb MSS bytes) de  $p_{cA}$  a  $p_{cB}$ . De  $p_{cB}$  a  $p_{cA}$  els segments només són confirmacions.

Notes: Suposa que les LANs i enllaços son infinitament ràpids, que TCP no fa servir l'opció de *window scale* (aquesta opció consisteix en multiplicar la finestra advertida per un factor) i que MSS=1 kB. La comanda ping de  $p_{cA}$  a  $p_{cB}$  dóna 100ms. Contesta les següents preguntes justificant la resposta i comentant les suposicions que facis.

- a) Suposa que no hi ha cap pèrdua. Quina serà la velocitat efectiva de transmissió en règim permanent?
- b) Ara suposa que en règim permanent es produeix la pèrdua d'un segment cada cop que la finestra de congestió arriba a 4 MSS, i que el segment perdut es retransmet sempre perquè salta el temporitzador de retransmissió. Fes un esbós de l'evolució de la mida de la finestra en règim permanent i ajuda't del dibuix per calcular aproximadament la velocitat efectiva.



## TEMA 4: Xarxes d'Àrea Local

### Problema 1.

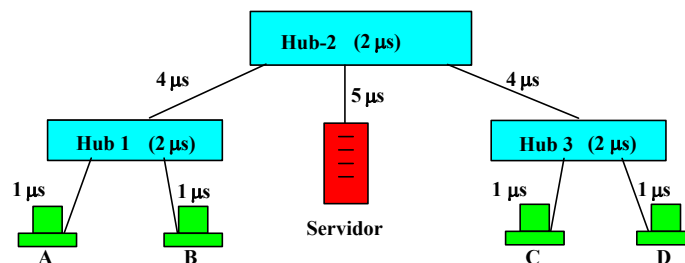
Quin efecte té la desconexió accidental d'un bus 10Base2 en el funcionament de la LAN? (La desconexió implica que el bus queda dividit en dues meitats).

### Problema 2.

Disponemos de un Hub Ethernet 100BaseT. La red introduce los siguientes retardos: el Hub introduce un retardo equivalente a  $70 T_b$  (Tiempo de Bit,  $T_b = 1/V_t$ ), las tarjetas de red de las estaciones introducen un retardo equivalente a  $25 T_b$ , y los cables que la conectan introducen un retardo de  $0.5 T_b/\text{metro}$  (es fibra óptica). Si la ventana de colisiones (tiempo de vulnerabilidad) es equivalente a  $512 T_b$ : ¿Cuál es la longitud máxima a la que se puede conectar cada estación si se guarda un margen de  $4 T_b$ ? El margen es un retardo añadido a los demás para asegurar un mejor funcionamiento de la red en caso de que la longitud de los cables estén demasiado ajustados.

### Problema 3.

Disponemos una red Ethernet con tres hubs 10BaseT cada uno (ver figura). Los retardos en las líneas de transmisión y en los hubs están indicados en la figura (son los retardos que sufriría un bit que se propagase por la red). Sabemos que la duración de la trama es variable ( $L_t \geq 64$  octetos), la duración de la señal Jamming (señal de interferencia) es de 32 bits.



La estación A transmite una trama en el instante  $T_0$  con una petición al servidor y la estación C hace lo mismo en  $T_0 + 10 \mu s$ .

- a) Dibuja un diagrama de tiempos en un intervalo de tiempos entre  $T_0$  y  $T_0 + 200 \mu s$  indicando lo que ocurre con estas tramas si sólo transmiten estas dos estaciones y el primer *back-off* que aplica el MAC de la estación A es de 0 veces la ranura de tiempos de CSMA/CD y el de la estación C es de 1 vez la ranura de tiempos (recuerda que el tiempo de back-off =  $T_{\text{ranura}} * \text{RND}(0, 2^{\min(N, 10)} - 1) \mu s$  y que  $T_{\text{ranura}}$  es de  $512 T_b$ ). Indica y explica todos los eventos que ocurren en este intervalo de  $200 \mu s$ .

### Problema 4.

La tecnología Fast Ethernet aumenta la velocidad de transmisión de Ethernet de 10 a 100 Mbps. Sin embargo no modifica el nivel de acceso al medio. La tecnología Gigabit Ethernet aumenta la velocidad hasta 1000 Mbps. Sin embargo sí que modifica el comportamiento de su nivel MAC aumentando el tamaño de trama mínima de 64 octetos a 512 octetos. Da una posible explicación a este aumento en el tamaño de la trama mínima. (Nota: la velocidad de propagación típica es de  $2 \times 10^8$  m/s)

### Problema 5.

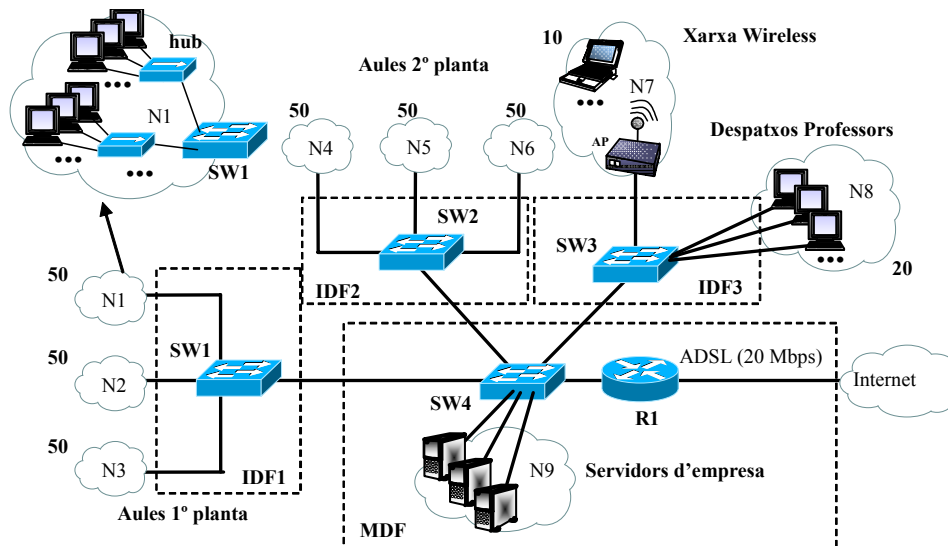
Disponemos de dos switches Fast Ethernet con 8 puertos 10/100 (Mbps) FDX por switch y autonegociación (detecta si la tarjeta a la que se conecta es 10 o es 100). Disponemos de Hubs 10BaseT de 4, 8, 12, 16 y 24 puertos (tantos hubs como quieras). La red dispone de un router con 2 puertos (uno Fast Ethernet y otro para conectarse a Internet) y de 6 servidores con tarjetas 10/100. Necesitas dar conectividad a 72 usuarios garantizando un mínimo de 750 Kbps a cada usuario en el peor de los casos.

- Justifica cuantos Hubs y de que tipo necesitas para dar conectividad a los 72 usuarios garantizando la velocidad indicada.
- Diseña la red dibujando un esquema *entendible* (se valorará la entendibilidad del esquema) que cumpla con los requisitos descritos y use solo los dispositivos especificados.
- ¿Cuántos dominios de colisiones has creado para los usuarios? Justifica tu respuesta.
- Si quisieras garantizar un mínimo de 1 Mbps, ¿Cuál sería el número máximo de usuarios que podrías conectar, con qué hubs y cuantos deberías poner? (Recuerda: utiliza sólo los dispositivos del enunciado)

### Problema 6.

Sobre una xarxa Ethernet, tenim dues estacions que han establert una connexió Stop & Wait. La xarxa Ethernet està formada amb un *hub*. ¿Quin seria l'efecte de substituir el *hub* per un *switch*? Fes una valoració numèrica comparant ambdós casos. (Nota: suposa que no hi ha més estacions actives.). Explica els factors que intervenen en el retard que introdueix un commutador (*switch*).

### Problema 7.



Una empresa dedicada a la formació per a persones adultes (ofereix cursos d'accés a la universitat de persones majors de 25 anys, ofimàtica, comptabilitat, etc) ocupa 3 plantes d'un edifici. La xarxa està formada per 330 terminals distribuïts de la següent manera:

- A la planta 0 trobem una sala de reunions dotada d'un AP a 54 Mbps per tenir accés a Internet sense fils (xarxa N7) amb 10 terminals. També hi trobem despatxos compartits pels professors amb 20 terminals connectats directament al commutador SW3 (xarxa N8) i una sala on resideixen els servidors de l'empresa: web, disc, ftp, email, connectats directament a SW4 (xarxa N9).
  - Les plantes 1 i 2 són semblants. A cada planta trobem 3 aules per impartir classes teòriques i pràctiques (xarxes N1-N6). Cada una d'aquestes xarxes té 50 terminals connectats a hubs fastethernet, que a la vegada es connecten als commutadors respectius (veure el detall de la xarxa N1).
  - Els equips de xarxa (commutadors, routers, hubs i servidors) estan distribuïts en 4 habitacions de telecomunicacions (indicades com a IDF1-IDF3 i MDF en el dibuix). La figura mostra tots els commutadors (SW1-SW4) i el router (R1) de la xarxa. Els enllaços entre IDFs i entre SW4 i R1 són Gigabit ethernet full duplex amb fibra òptica. Tots els servidors estan connectats a SW4 amb un enllaç full duplex Gigabit ethernet. Tots els altres ports dels commutadors són UTP fastethernet, amb capacitat full duplex.
  - Cada xarxa N1-N9 forma una subxarxa d'adreçament IP diferent. Els terminals es comuniquen amb els servidors o amb Internet.
- a) Tenint en compte que s'han definit el mínim nombre de VLANs i enllaços trunk possibles, digues les VLANs (identifica-les fent servir la notació VLAN1, VLAN2...) i enllaços trunk (identifica'ls indicant el commutador SW1... i on estan connectats) que s'han d'haver definit en cada commutador..
  - b) Suposa (només en aquest apartat) que els commutadors no suporten trunking. Explica els canvis que s'haurien de fer a la xarxa per aconseguir una configuració només amb 1 router i amb les mateixes subxarxes. Dóna la solució que minimitza el nombre d'enllaços entre habitacions de telecomunicacions, i nombre d'equips de xarxa. Indica clarament els equips, ports i enllaços que haurien d'afegir-se respecte la figura.
  - c) Calcula quants hubs i amb quants ports han de posar-se a cada xarxa N1-N6 perquè en cas de que tots els terminals d'una mateixa xarxa (per exemple N1) transfereixin un fitxer simultàniament cap el mateix servidor, els hubs no siguin el coll d'ampolla. Indica quin serà en aquest cas el coll d'ampolla. I calcula la velocitat efectiva en bps que aconseguirà cada terminal. Suposa que l'eficiència és del 100% (l'efecte de les col·lisions és negligible).
  - d) Suposa que amb els hubs calculats anteriorment, els 330 terminals transfereixen un fitxer simultàniament cap el mateix servidor. Explica quin és el coll d'ampolla, si es produiran pèrdues, i quins són els mecanismes que faran que les estacions adaptin la seva velocitat efectiva a la imposada pel coll d'ampolla. Comenta les suposicions que facis.
  - e) Tenint en compte la resposta anterior, calcula la velocitat efectiva en bps que aconseguirà: (i) cada terminal d'una de les xarxes N1-N6, (ii) cada terminal d'un professor i (iii) cada terminal de la xarxa sense fils. Suposa també una eficiència del 100% (l'efecte de les col·lisions és negligible). Comenta les suposicions que facis.

## TEMA 5: Transmissió de dades

### Problema 1.

Contesta razonadamente a estas cuestiones:

- Define el ruido térmico y la (S/N).
- Tenemos en el receptor una (S/N) = - 20 db, cuantifica si es mucha o poca la potencia respecto al ruido
- Dado que tenemos el mismo ancho de banda del canal,  $Bw_c$ , en cuánto aumenta la capacidad del canal si se pasa de tener una (S/N) de 20 dB a tener una (S/N) de 40 dB?

### Problema 2.

- Explica como podemos aumentar la velocidad de modulación de un enlace y cuál es su máximo teórico.
- Explica como podemos aumentar la velocidad de transmisión de un enlace y cuál es su máximo teórico.
- Cálcula los diferentes valores en un canal cuyo ancho de banda es de 1 MHz, relación señal a ruido de 30 dB, con transmisión digital de 8 símbolos y tiempo de símbolo de 1  $\mu$ s.

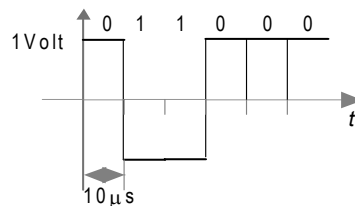
### Problema 3.

El receptor de l'equip terminal del circuit de dades (DCE) requereix rebre una potencia mínima de senyal d'1mW (sensibilitat del receptor). L'atenuació del medi és de 2dB/Km i la distancia entre el transmissor i el receptor és 100Km

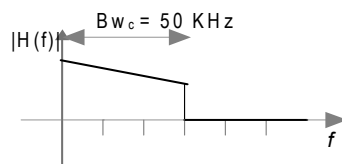
- Quina és la potència necessària de l'equip transmissor ?
- Es disposen de repetidors (amplificadors) amb una sensibilitat d'1mW i una potència màxima d'emissió d'1W. Quants repetidors calen?

### Problema 4.

- Indica de la siguiente figura el tipo de codificación que podría ser, su velocidad de modulación, su velocidad de transmisión. La señal tiene un  $Bw_s$  de 50 KHz.



- Si se envía la señal por un canal con función de transferencia como el de la figura, con una sensibilidad del receptor de 1 mW y con una potencia de ruido de 1  $\mu$ W, justifica si habría distorsión y si aumentarían los errores de bit debido a que supere la máxima velocidad de transmisión.



### Problema 5.

Se dispone de un codificador AMI que transmite símbolos de tres voltajes: -10 volts, 0 volts, +10 volts. Cada símbolo transporta 1 bit de información. El tiempo de transmisión de un símbolo es de  $t_s = 0,1$  ms.

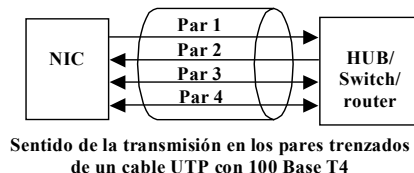
- Dibuja la señal que resulta de la transmisión de la secuencia de bits: 0101011001. Indica sobre el dibujo a que corresponde  $t_s$ .
- Di cuanto vale la velocidad de transmisión en bps.
- Supón que se transmite la señal por un medio que atenúa 3 dB. Di cuáles serán los 3 voltajes de los símbolos en recepción.
- Di si la señal se podría transmitir por un medio que elimina la componente continua, justifica porque.
- Supón que podemos modificar el valor de  $t_s$ . Que tendría que valer si queremos aumentar la velocidad de transmisión 10 veces?
- Explica como cambiaría el ancho de banda de la señal al modificar  $t_s$  con el valor del apartado anterior. Da una justificación intuitiva del motivo que produce este cambio.

## TEMA 5: Transmissió de dades

- g) Supón que la codificación se usa para transmitir caracteres de 8 bits, y que se añade un bit de paridad por cada carácter. ¿Podríamos solventar el problema del sincronismo de bit de la codificación añadiendo un bit de paridad par o impar?

### Problema 6.

El estándar Fast Ethernet 100BaseT4 utiliza una codificación 8B6T (cada 8 bits se codifican con 6 símbolos con niveles: 0, +V y -V voltios). En este estándar, durante la transmisión se usan simultáneamente 3 de los 4 pares trenzados del cable UTP como muestra la siguiente figura (dos de los pares se usan de forma unidireccional y dos bidireccional).



- ¿Cuál es la velocidad de transmisión en cada uno de los pares?
- ¿Cuál es la velocidad de modulación en cada uno de los pares?
- Si asociamos una combinación distinta de bits a cada combinación distinta de símbolos, ¿Cuántas combinaciones distintas de bits hay?, ¿Cuántas combinaciones de símbolos sobran?
- Para tener sincronismo de bit, ¿Qué combinaciones de símbolos NO escogerías y porqué?
- Usando el criterio de Nyquist, da una estimación del ancho de banda de la señal transmitida en cada par trenzado.
- ¿Porqué crees que se usan tres pares para la transmisión en vez de uno?

### Problema 7.

Com a mínim, quants bits han de tenir les paraules-codi d'un codi de transmissió si es desitja que codifiqui les 26 lletres de l'abecedari, els 10 signes numèrics i 20 signes de control, i que, a més, inclogui un bit de paritat?

### Problema 8.

Determineu la distancia de Hamming del següent codi: 000000 / 001101 / 110100 / 111111 / 101010 / 110011

### Problema 9.

Supón que queremos transmitir dos bits de información usando un código detector de errores CRC con el polinomio generador  $g(x)=x^3+x+1$ . Calcula las palabras código válidas y deduce cual sería la distancia de Hamming del código.

### Problema 10.

Un codi detector d'errors consisteix en afegir un bit de paritat senar a cada bit transmès.

- Digués quines són les paraules codi vàlides i calcula la distància de Hamming del codi.
- Calcula la probabilitat de tenir un error no detectat si es transmeten les paraules codi per un canal amb una probabilitat d'error en el bit de  $10^{-3}$ .

### Problema 11.

- a) Compareu l'eficiència màxima que podem obtenir amb les dues configuracions següents:

- Transmissió orientada a bit amb blocs de 100 octets més 2 de capçalera, 16 bits de sincronisme (flags) i un CRC de 16 bits.
- Transmissió orientada a caràcter amb caràcters de 8 bits. Els blocs són de 100 caràcters més 2 caràcters de capçalera, 2 de sincronisme de trama i 1 caràcter de LRC (paritat horitzontal i vertical).

- b) Calculeu el temps de transmissió de 2 Moctets d'informació en ambdós casos, si la velocitat de transmissió és de 19200 bps.