

# Facultat d'Informàtica de Barcelona

## Col·lecció de problemes de Xarxes de Computadors

### (XC)

Autors: Llorenç Cerdà Alabern, Jorge García Vidal, Jordi Iñigo Griera, Josep Mangues Bafalluy.

## TEMA 1: TRANSMISSIÓ DE DADES

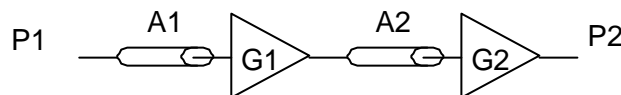
### Problema 1.1.

Volem transmetre un senyal generat per l'anemòmetre d'una estació meteorològica automàtica. Ens diuen els meteoròlegs que les ràfegues de vent més ràpides a mesurar són de 200km/h, i que volen les dades amb una resolució de 1km/h. La ràfega més curta mesurable per l'anemòmetre és d'un segon. Si volem transmetre les mesures sobre un circuit de dades, digues, com a mínim, quina haurà de ser la velocitat de transmissió.

### Problema 1.2.

En el sistema de transmissió de la figura A1 i A2 són atenuacions en dB i G1 i G2 són guanys dels aplicadors en dBs. P1 i P2 són la potència a l'entrada i a la sortida respectivament. Demostra que:

$$10 \log(P1/P2) = A1 + A2 - G1 - G2$$



### Problema 1.3.

Disposem d'un transmissor de 10 W i d'amplificadors de 30 dB de guany. Volem connectar dues estacions separades 50 km amb un cable que té una atenuació de 3 dB/km. Sabem que la potència mínima del senyal útil en el receptor ha de ser de 1 mW.

**1.3.A.** Calcula quants de repetidors necessitarem.

**1.3.B.** Si col·loquem el nombre d'amplificadors calculats en l'apartat anterior de forma equiespaiada, quina serà la potència útil en el receptor?.

### Problema 1.4.

Per augmentar la velocitat de transmissió podem: 1) disminuir el temps de símbol, 2) augmentar el nombre de nivells (o símbols) que es fan servir. Digues quin problema pot haver-hi si apliquen la tècnica 1) i quin problema pot haver-hi si apliquen la tècnica 2).

### Problema 1.5.

Suposa que dos estàndards de LAN A i B fan servir el mateix tipus de codificació digital NRZ amb dos nivells, però es diferencien en que el primer transmet a 10 Mbps i el segon a 100 Mbps.

**1.5.A.** Quina relació hi ha entre l'amplada de banda dels senyals dels sistemes A i B?

**1.5.B.** Com canviarà aquesta relació si la LAN B utilitza una codificació 4B/5B-NRZ?

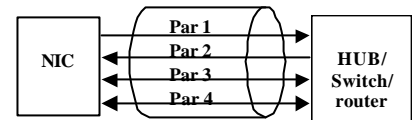
### Problema 1.6.

El estàndar Fast Ethernet 100BaseT4 utilitza una codificació 8B6T (cada 8 bits se codifiquen amb 6 símbols amb nivells: 0, +V y -V voltios). En este estàndar, 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).

- 1.6.A. ¿Cuál es la velocidad de transmisión en cada uno de los pares?  
 1.6.B. ¿Cuál es la velocidad de modulación en cada uno de los pares?  
 1.6.C. ¿Cuántas combinaciones de símbolos sobran?  
 1.6.D. ¿Qué combinaciones de símbolos no escogerías y porqué?  
 1.6.E. Justifica que si el criterio fuera escoger combinaciones de símbolos que garantizaran no tener componente continua, tendríamos de

$$\binom{6}{3} + \binom{6}{2} \binom{4}{2} + \binom{6}{1} \binom{5}{1} + 1 = 141 \text{ símbolos}$$

- 1.6.F. Supón que se cumple el criterio de Nyquist ( $v_m^{\text{Nyq}} = 2 Bw^{\text{canal}}$ ). Da una estimación del ancho de banda de la señal transmitida en cada par trenzado.  
 1.6.G. ¿Porqué crees que se usan tres pares para la transmisión en vez de uno?



Sentido de la transmisión en los pares trenzados de un cable UTP con 100 Base T4

### Problema 1.7.

Un modem utilitza una modulació QAM de 8 símbols. Aquesta modulació es un híbrid entre ASK y PSK. Els símbols transmesos fan servir 2 nivells diferents (1 V, 2 V) y quatre fases diferents (0,  $\pi/2$ ,  $\pi$  y  $3\pi/2$ ). Dibuixa les formes d'ona que transmet el modem. Si fem servir una velocitat de modulació de 7.2 kbaud, ¿Quina és la velocitat de transmissió del modem?

### Problema 1.8.

Afegim redundància a la transmissió de bits duplicant cada 4 bits abans d'enviar-los (la figura mostra un exemple).

<u>Bit info</u>	<u>Bits transmesos</u>
'0110'	'01100110'

- 1.8.A. Dedueix quina és la distància de Hamming del codi.  
 1.8.B. Dedueix quina és la capacitat de detecció de ràfegues d'error.

### Problema 1.9.

Fem servir un codi per detecció d'errors. Agafem blocs d' $n$  bits i els afegim  $x$  bits de redundància. Tenim una ràfega d'errors, i rebem un bloc de  $n+x$  bits amb una probabilitat d'error en el bit de 0.5. Quina és la probabilitat de tenir un error a la trama. Quina és la probabilitat de no detectar un error a la trama?

### Problema 1.10.

Fem servir un codi CRC amb polinomi  $g(x)=x^2+1$ . Volem transmetre la seqüència de bits 1011 (és a dir  $p(x)=x^3+x+1$ ). Quins bits de redundància afegirem?

### Problema 1.11.

Fem servir un algorisme de *checksum* de 16 bits per protegir la transmissió de la següent seqüència:

af01  
b2ab  
1001

Quin *checksum* obtindrem?.

### Problema 1.12.

Dedueix que val la distància de Hamming de l'algorisme de *checksum* que es fa servir en Internet.

### Problema 1.13.

Un protocol d'enllaç de dades fa servir un codi de detecció d'errors amb 16 bits de redundància que té una distància de Hamming de 5 bits.

- 1.13.A. Podríem corregir totes les trames amb un únic bit erroni? Podríem detectar com errònies totes les trames amb 5 bits erronis?

1.13.B. Podem afirmar que totes les trames detectades com errònies són efectivament errònies? Podem afirmar que totes les trames detectades com correctes són efectivament correctes?

## TEMA 2: XARXES D'ÀREA LOCAL

### Problema 2.1.

Es disposa d'una xarxa *Ethernet* 10BaseT com la que mostra la figura 1. En aquesta xarxa les 20 estacions (10 del "tipus A" i 10 del "tipus B") només envien i reben informació dels servidors (S1 i S2). En el moment de màxima càrrega es desitja que cada estació pugui assolir la velocitat de transmissió efectiva que mostra la taula 1.

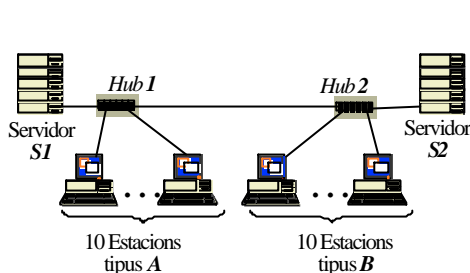


Figura 1

Origen	Destí	$v_{ef}$ (kbps)
1 estació del tipus A	Servidor S1	200
Servidor S1	1 estació del tipus A	100
1 estació del tipus A	Servidor S2	50
Servidor S2	1 estació del tipus A	20
1 estació del tipus B	Servidor S1	30
Servidor S1	1 estació del tipus B	20
1 estació del tipus B	Servidor S2	300
Servidor S2	1 estació del tipus B	400

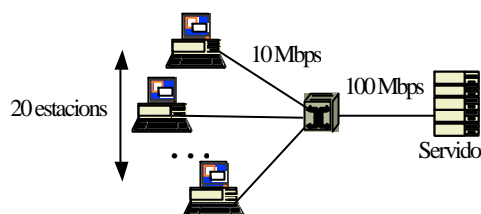
Taula 1

2.1.A. Definim la utilització d'un *hub* com a  $\sum v_{ef}/v_t$ , on  $\sum v_{ef}$  és la suma de les velocitats efectives aconseguides amb trames que travessen el *hub* i  $v_t$  és la velocitat de transmissió del *hub*. Calcula la utilització en cada un dels *hubs* de la xarxa amb les condicions de la taula 1. A la vista del resultat, veus algun problema?

2.1.B. Si afegim un *bridge* entre el *hub* 1 i el *hub* 2, calcula la utilització que hi haurà en cada *hub*. Comenta el resultat comparant-lo amb l'obtingut en l'apartat anterior.

### Problema 2.2.

Es disposa d'un commutador *Ethernet* amb un port de 100 Mbps i la resta de ports de 10 Mbps com mostra la figura. Connectem 20 estacions als ports de 10 i un servidor al port de 100.



2.2.A. Suposa que totes les estacions inicien simultàniament la transferència d'un fitxer de  $10 \times 10^6$  bytes cap al servidor. Digues quina serà aproximadament la velocitat efectiva de les estacions i el temps que estaran per fer la transferència del fitxer. Justifica la resposta.

2.2.B. Repeteix l'apartat anterior si només fan la transferència 5 de les estacions i les altres romanen en silenci.

### Problema 2.3.

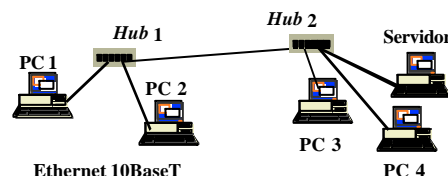
Suposa que l'eficiència de la xarxa de la figura oscil·la entre el 99% quan la probabilitat de col·lisió és baixa i 70% quan és alta. Suposa a més que en la xarxa només hi ha transferències des dels PCs cap al servidor.

2.3.A. Quina és la velocitat efectiva màxima quan PC1 accedeix al servidor?

2.3.B. Quina és la velocitat efectiva mínima quan PC1 accedeix al servidor?

Suposa ara que mentre el servidor està transmetent una trama, el PC1 i el PC3 volen iniciar la transmissió d'una trama (i que totes les altres estacions no volen transmetre res fins que aquests PCs han transmès la trama). Dades addicionals:

- retard en cada segment *ethernet* = 3  $\mu$ s,



- retard en el *Hubs* = 0,
- IPG de 96 bits,
- senyal de JAM de 32 bits,
- el primer *back-off* que aplica PC1 és de 50  $\mu$ s i el primer *back-off* que aplica PC3 és de 100  $\mu$ s.

**2.3.C.** Dibuixa un diagrama de temps on es vegi el que passa a partir del moment en que el primer PC comença a transmetre la trama. En el diagrama de temps dibuixa dos eixos: un on es vegi el que passa en la xarxa vist des de PC1 i l'altra vist des de PC3. Dibuixa el que passa durant 200  $\mu$ s. Indica clarament sobre el diagrama tots els events que es produeixen.

#### Problema 2.4.

Suposa que desitgem analitzar una xarxa ethernet 10BaseT quan només accedeixen al medi dues estacions que sempre tenen trames llestes per transmetre, i que es compleixen les següents condicions:

- En mitjana el *backoff* mínim de les estacions en cada col·lisió és de 30  $\mu$ s.
- El temps que passa des de que una estació comença a transmetre una trama fins que detecta que ha col·lisionat és negligible (igual a 0).

NOTA: Recorda que el IPG és de 96 bits, el JAM de 32 bits i el format d'una trama ethernet és: Preàmbul (8 bytes), adreça destinació (6 bytes), adreça fonts (6 bytes), L/T (2 bytes), informació (fins a 1500 bytes), CRC (4 bytes).

**2.4.A.** Calcula aproximadament quina és l'eficiència que s'aconsegueix quan s'envien trames que porten 1500 bytes d'informació. Comenta les suposicions que facis i dibuixa el diagrama de temps que facis servir en el càlcul.

**2.4.B.** Repeteix l'apartat anterior quan s'envien trames que porten 40 bytes d'informació.

**2.4.C.** A la vista dels resultats anteriors, quina conclusió s'extreu?

#### Problema 2.5.

En la figura es mostra la xarxa composta per dues LANs Ethernet (LAN 1 i LAN 2) interconnectades mitjançant dos *bridges* remots. La distància entre el client A i el hub és de 100 m. La distància del *bridge* al *hub* és de 400 m. La distància del servidor 1 al *hub* és de 50 m. El hub i les targes de xarxa de tots els equips introdueixen un retard negligible. La finestra de col·lisió és de 512 bits i la velocitat de propagació del senyal en tots els medis de transmissió és de 200.000 km/s:

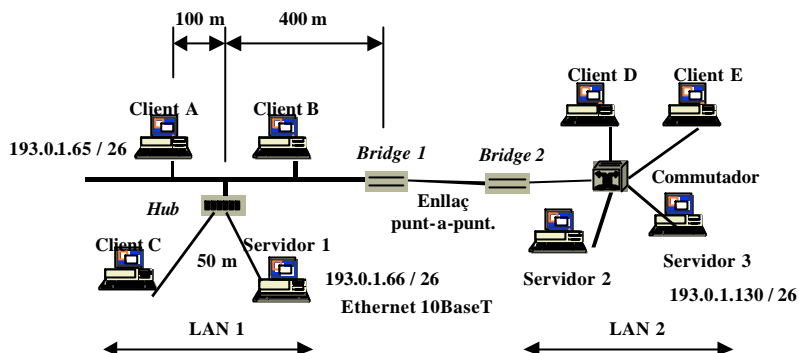
**2.5.A.** Quina és la distància màxima al *hub* a la que podríem situar el client C?. (Suposem que l'enllaç entre el client C i el hub és de fibra òptica i que aquest medi no introdueix les limitacions en la longitud de l'enllaç que introdueix el parell trenat).

Suposem que en tots els segments Ethernet de la xarxa (tant de la LAN1 com de la LAN 2) l'existència de col·lisions provoca que l'eficiència sigui del 64% (Es a dir, la velocitat de transmissió total que es pot assolir és de 6.4 Mbps). Els clients A, B i C inicien de forma simultània una transferència d'un fitxer de 8 MByte del servidor 1.

**2.5.B.** Quant de temps trigarán en realitzar aquesta transferència?

Suposem ara que la transferència es realitza des del servidor 3. Els clients D i E estan treballant amb el servidor 2.

**2.5.C.** Quant de temps tardaran en realitzar la transferència si la velocitat efectiva de l'enllaç punt a punt és de 10 Mbps? Quant de temps trigarán en realitzar la transferència si la velocitat efectiva de l'enllaç punt a punt és de 10 kbps?



## TEMA 3: INTERCONNEXIÓ DE XARXES

### Problema 3.1.

En la xarxa de la figura del Problema 2.5 el client A vol enviar informació al servidor 3. El client A coneix l'adreça IP del servidor 3 però NO coneix l'adreça Ethernet d'aquest servidor. Explica el mecanisme que fa servir el client A per tal d'esbrinar aquesta adreça ethernet.

### Problema 3.2.

Malgrat no es mostren, en la xarxa de la Problema 2.5 hi ha un total de 20 estacions connectades a la LAN 1 i 30 estacions connectades a la LAN 2. Cada una d'aquestes estacions genera 2 trames *broadcast* de 54 octets de mida cada segon. Si la velocitat efectiva de l'enllaç punt a punt és de 100 kbps en cada sentit de transmissió:

**3.2.A.** Quin percentatge d'aquesta velocitat es dediquen a transmetre trames de broadcast per a cada sentit de transmissió?

**3.2.B.** Què passaria amb aquests percentatges si fem servir dos routers IP en substitució dels bridges?

### Problema 3.3.

La figura 1 mostra una xarxa TCP/IP formada per 6 estacions (PCA~PCF) que es vol configurar. Per a la xarxa s'ha contractat l'adreça base: 194.83.0.0/24 del proveïdor de serveis d'internet.

**3.3.A.** Digues a quina classe pertany l'adreça contractada.

**3.3.B.** Escull una possible màscara per a poder definir les 3 subxarxes, i assigna una adreça a cada una de les tres subxarxes.

**3.3.C.** Assigna totes les adreces necessàries per a la configuració de la xarxa.

**3.3.D.** Tenint en compte les adreces assignades en l'apartat anterior, dóna una possible taula d'encaminament per a les estacions A, C, E i els routers 1 i 2. En les taules has d'indicar el destí, gateway i interfície.

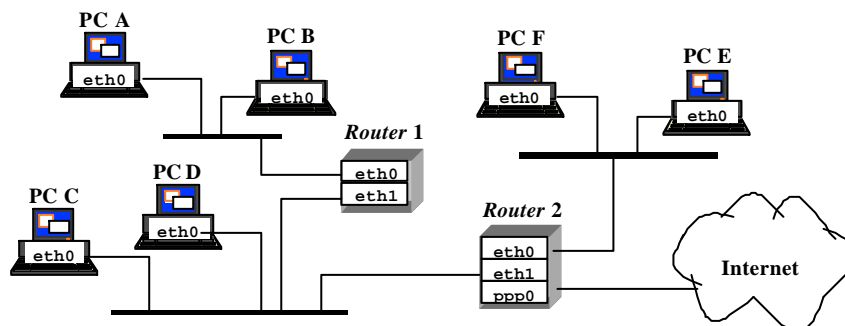


figura 1

### Problema 3.4.

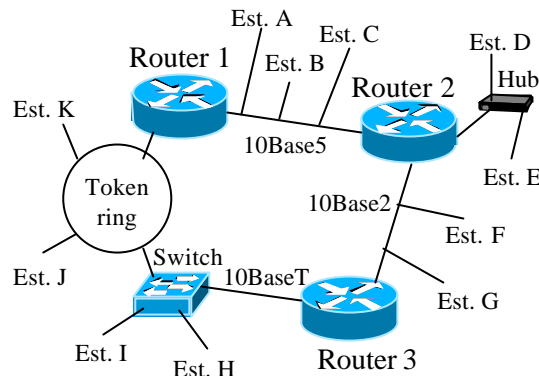
En la xarxa de la figura sabem que tres de les estacions tenen les adreces: 193.147.31.133,

193.147.30.1 i 193.147.17.134

**3.4.A.** Llavors, dedueix quin (o quines) de les adreces base següents s'han pogut utilitzar per fer l'adreçament de tots els equips de la xarxa. Justifica la resposta.

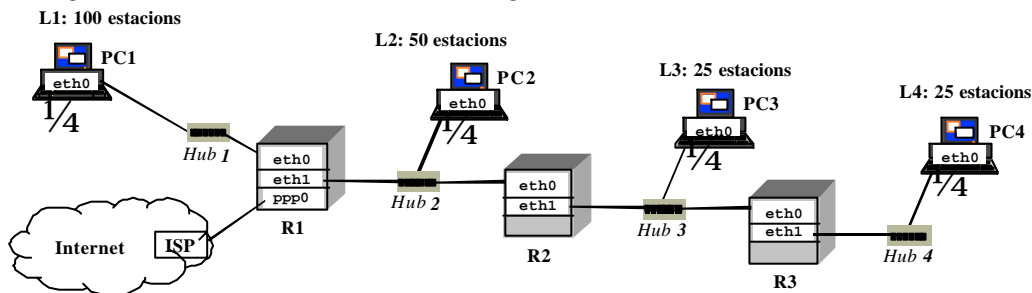
- 193.147.16.0/20
- 193.147.32.0/20
- 193.147.0.0/20

**3.4.B.** Assigna adreces a tots els equips de la xarxa de la figura d'acord amb la resposta anterior. Indica clarament quines són totes les adreces de xarxa i de broadcast, així com les màscares utilitzades. Recorda que has d'utilitzar les 3 adreces que s'han donat més amunt.



**Problema 3.5.**

Para configurar la red de 200 estaciones de la figura se ha contratado la dirección 195.63.0.0 al ISP.



**3.5.A.** Propón una posible numeración para las subredes L1...L4 que permita tener el número de PCs indicado en la figura. Escoge las direcciones de forma que: dirección de L1 < dirección de L2 < dirección de L3 < dirección L4. Para cada subred específica: (1) la dirección, (2) la máscara, (3) el rango de direcciones, (4) la dirección broadcast, (5) el número de direcciones IP que abarca el rango, (6) el número máximo de PCs que podrían conectarse.

**3.5.B.** Siguiendo tu propuesta anterior, asigna una dirección IP a todas las interfaces de la figura que lo requieran.

**3.5.C.** Supón que se usa RIP. Da la tabla de encaminamiento de los routers cuando hayan alcanzado la convergencia (indica el destino, máscara, gateway y métrica).

**3.5.D.** Supón que los routers de la figura usan RIP con split horizon. Di cuales serían los mensajes que enviarían R1, R2 y R3 indicando: quién los recibiría y cuál sería el contenido de la tabla de encaminamiento que iría en cada mensaje.

**3.5.E.** Repite la pregunta anterior si en vez de RIP se usara OSPF (supón que la métrica es la misma que la de RIP).

**3.5.F.** Supón que en la red de la figura PC1 i PC4 sólo se han comunicado entre ellos. ¿Cuál sería el contenido de su tabla ARP?

## TEMA 4: PROTOCOLS DE COMUNICACIÓ

### Problema 4.1.

En un enllaç punt a punt es fa servir un protocol de finestra amb retransmissió selectiva per a la recuperació d'errors. Les dades de l'enllaç són:

- Temps de transmissió de les trames d'informació (suposa que totes tenen la mateixa mida)  $t_t = 2\text{ms}$ .
- Temps de transmissió de les confirmacions negligible.
- Temps de propagació  $t_p = 3\text{ms}$ .
- Mida de la finestra  $W = 3$  trames.

**4.1.A.** Suposa que el primari ha de transmetre només 5 trames (I1, I2, I3, I4, I5) i que al transmetre la segona trama (I2) el secundari detecta que és errònia. Dibuixa el diagrama de temps de la transmissió de les trames fins que el primari rep la confirmació de la transmissió de l'última trama (I5). Indica també quines trames hi haurà en tot moment en el *buffer* de transmissió del primari i el *buffer* de recepció del secundari. Comenta les suposicions que facis.

**4.1.B.** Tenint en compte les dades que dóna l'enunciat, calcula la velocitat efectiva màxima que es pot aconseguir amb aquest protocol sense errors. Dóna el resultat en trames per segon.

### Problema 4.2.

Supón que 3 estacions de la red IP de la figura 2 inicien simultàneament la transferència de un fichero de  $10^6$  bytes al servidor de la figura usando un protocolo de ventana a nivel de transporte. Los datos de la conexión son los siguientes:

- Tamaño de los paquetes IP usados en la conexión = 500 bytes.
- Tamaño de las cabeceras IP+TCP = 40 bytes.
- Ventana usada por el protocolo = 10 segmentos.
- Retardo medio entre el router y el servidor = 2 ms (entre las estaciones y el *router* es negligible).
- Tamaño de las confirmaciones despreciable.
- Tamaño de la cola del *router* = 1 Mbyte.

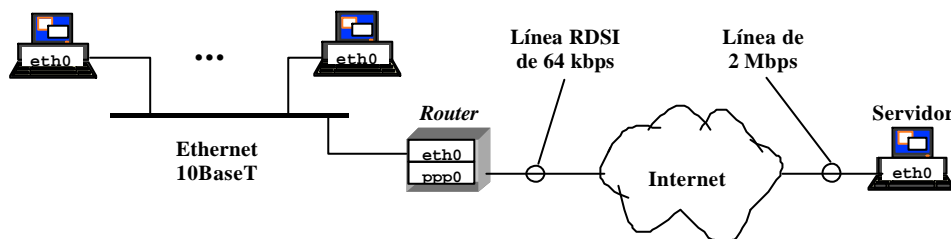


figura 2

**4.2.A.** Si solament accediera una estació al servidor, de qual seria aproximadament la velocitat efectiva màxima a la que podria hacerse la transferència. Comenta les suposicions que hagas.

**4.2.B.** Calcula la finestra òptima de la connexió (la mínima finestra que permetria a una sola estació accedir al servidor amb la velocitat efectiva màxima del apartado anterior). Dibuja el diagrama de tiempo y comenta las suposiciones que hagas en el cálculo.

**4.2.C.** Da una estimación de la ocupación de la cola del *router* cuando transmiten las 3 estaciones (justifica la respuesta).

**4.2.D.** Da una estimación de la velocidad efectiva que conseguirán las 3 estaciones y del tiempo que necesitarán en efectuar la transferencia del fichero (justifica la respuesta).

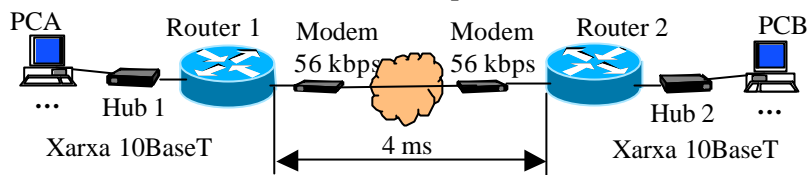
**4.2.E.** Supón que las estaciones están 20 minutos en realizar la transferencia del fichero. ¿Cuál ha sido la velocidad efectiva? Explica cuales pueden haber sido los motivos más probables que justifiquen la diferencia entre este valor y el calculado en el apartado anterior.

**4.2.F.** Haz un diagrama de tiempo explicativo de cómo evoluciona la transferencia de los tres ficheros. Para ello usa tres ejes que correspondan a una de las estaciones, al *router* y al servidor y dibuja en ellos un intervalo de tiempo en el que se vea la transmisión de varios paquetes/confirmaciones por cada uno de estos dispositivos (indicando en cada paquete/confirmación a cual de las tres conexiones pertenece).

**4.2.G.** Calcula aproximadamente el tiempo de transmisión de una paquete (desde que la estación envía el primer bit del paquete hasta que el servidor recibe el último bit de la mismo paquete). Dibuja el diagrama de tiempo que uses en el cálculo y comenta las suposiciones que hagas.

### Problema 4.3.

En la xarxa de la següent figura el PCA fa una transferència d'un fitxer de 5 Mbytes cap el PCB. Suposa que mentre dura la transferència no transmet cap altre PC.



- PCs: Pentium III.
- Mida del buffer de Tx i Rx de TCP: 30 Kbytes.
- Buffer del router 4 Mbytes.
- Entre els dos routers hi ha una connexió ppp amb una trama de 2 kbytes de mida màxima.

(Nota:  $1\text{ k} = 10^3$ )

**4.3.A.** Dibuixa un diagrama de temps amb el *three-way-handshaking* i calcula la seva duració (des de que es transmet el primer bit fins que es rep l'últim bit dels segments que formen part del *three-way-handshaking*). Comenta les suposicions que facis.

**4.3.B.** Fes un esbós de l'evolució de la finestra de TCP. Comenta quins factors limitaran la finestra. Indica sobre el dibuix les fases de *slow start* i *congestion avoidance*. Comenta les suposicions que facis.

**4.3.C.** Calcula aproximadament el temps que passa des que es transmet el primer segment amb dades del fitxer fins que TCP assoleix la finestra màxima. Comenta les suposicions que facis.

**4.3.D.** Dedueix quina serà aproximadament l'ocupació dels buffers de transmissió i recepció de TCP en PCA i PCB i l'ocupació dels buffers dels routers quan TCP hagi assolit la finestra màxima.

**4.3.E.** Calcula aproximadament el temps que duraria la transferència del fitxer. Comenta les suposicions que facis.

**4.3.F.** Repeteix l'apartat anterior si el retard de propagació entre els routers és de 5 segons (en comptes de 4ms).

## TEMA 5: XARXES DE GRAN ABAST

### Problema 5.1.

Es vol transmetre un missatge per una xarxa de commutació de paquets. Considerant que el nombre de paquets del missatge és  $N$ , que el nombre de bits per paquet és  $L$ , que la velocitat de transmissió dels enllaços és  $v_t$  bits per segon, que el temps de processament als nodes és insignificant i que el temps de propagació entre nodes és  $t_p$ .

**5.1.A.** Calculeu el temps mínim que passa des de que surt el primer bit del missatge del node  $A$  fins que arriba el darrer bit del missatge al node  $B$  travessant un tercer node  $C$ .

**5.1.B.** Quines diferències hi haurien si fem servir circuits virtuals o *datagrama*?

**5.1.C.** Repeteix l'apartat a) si ara tenim commutació de circuits i la mida del missatge és de  $NxL$  bits.

### Problema 5.2.

En una xarxa de commutació de paquets funcionant amb circuits virtuals, tots els enllaços són per radio, d'un dels dos tipus següents: (i) Via satèl·lit, en els que el temps de propagació punt a punt (terra satèl·lit, satèl·lit terra) és de 0,25s, el retard per processament als nodes és insignificant i el temps de transmissió d'un paquet és 5ms. (ii) Terrestres; el retard pel processament als nodes és insignificant, el temps de propagació és insignificant i el temps de transmissió d'un paquet és de 20ms.

Fent la hipòtesi que la mida dels paquets de confirmació és insignificant, resoleu els següents apartats:

- 5.2.A. Si el flux es controla independentment a cada circuit virtual pel mecanisme de finestra, calculeu la finestra òptima per un circuit virtual d'un sol enllaç via satèl·lit.
- 5.2.B. Trobeu la velocitat màxima de transmissió que accepta un circuit virtual format per tres nodes units per dos enllaços, un via satèl·lit i l'altre terrestre, considerant que no s'usa cap mecanisme de control de flux (preneu com a mida dels paquets 1000 bits).
- 5.2.C. Quina seria la finestra òptima pel circuit virtual de l'apartat anterior?. Penseu si influeix d'alguna manera en la finestra òptima l'ordre dels enllaços.

### Problema 5.3.

Tenim una xarxa de commutació de paquets formada per dues estacions *A* i *B* connectades per un node *C*. A cada un dels dos enllaços tenim una probabilitat d'error en el bit de  $p$ . Tenim un temps de transmissió d'un paquet  $T$  i un temps de propagació de un paquet donat per  $T_p=4T$ . Els ACK tenen una mida molt més petita que els paquets de dades.

- 5.3.A. Dóna la velocitat efectiva d'un circuit establert entre *A* i *B* en el que fem servir un control *Go-Back-N* a cada enllaç de la xarxa.
- 5.3.B. Ídem si el control és extrem a extrem.
- 5.3.C. Què passa amb valors de  $p$  grans? Què passa amb valors de  $p$  petits?