



Departament d'Enginyeria
Telemàtica

entel

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



INTRODUCCIÓ A LES XARXES TELEMÀTIQUES

PROBLEMES AMB SOLUCIÓ

Professors:

Aguilar Igartua, Mónica
Alins Delgado, Juanjo
Altés Bosch, Jordi
Barceló Arroyo, Francisco
De la Cruz Llopis, Luis J.
Esparza Martín, Oscar
Forne Muñoz, Jordi
Martín Escalona, Israel
Martín Faus, Isabel V.
Mata Díaz, Jorge
Muñoz Tapia, José Luis
Pallares Segarra, Esteve
Serrat Fernández, Joan
Soriano Ibáñez, Miguel

TEMA 1. INTRODUCCIÓ A LES XARXES TELEMÀTIQUES.

Exercici 1.1. Considereu els següents paràmetres per a una xarxa de commutació:

- N: n° d'enllaços entre dues estacions A i B.
- (N-1) és el número de nodes intermitjos
- L: longitud total del missatge en bits.
- B: velocitat en bps de tots els enllaços.
- P: longitud del paquet en bits.
- H: n° de bits de la capçalera.
- S: temps d'establiment de la connexió virtual previ a la transmissió de dades + temps d'alliberament d'aquesta connexió virtual.
- D: retard de propagació per a cada enllaç en segons.

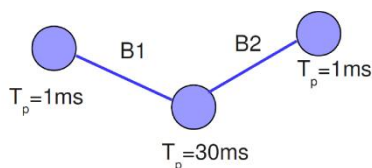
Nota 1. Considereu que el retard de processament (T_p) en els nodes de commutació és insignificant.

Nota 2. Considereu que els nodes dels extrems no processen i no realitzen S&F.

- Trobeu una expressió del retard total ocasionat a l'enviar el missatge d'A a B sobre una xarxa de commutació de circuits i sobre una xarxa de commutació de paquets tipus datagrama. Determineu en quines condicions el retard serà menor en funció de la longitud del missatge i el nombre de enllaços N.
- Calculeu el valor de P en funció de N, L i H que minimitzi el valor del retard total per a una xarxa de commutació de paquets.

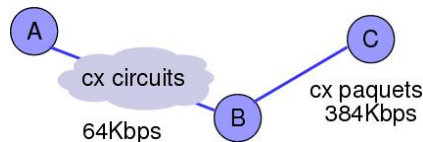
Exercici 1.2. Donada la xarxa de commutació de paquets de la figura, si els paquets que es transmeten tenen una longitud de 256 bytes, calculeu el nombre màxim de paquets per unitat de temps (cadència) que es poden enviar de A a B, tenint en compte que es fa servir Store&Forward i les velocitats dels enllaços en kbps que es donen a continuació:

- $B1 = B2 = 64\text{kbps}$ (Solució: cadència=31.25 paquets/seg)
- $B1 = 56\text{ kbps}$ i $B2 = 64\text{kbps}$ (Solució: cadència=27.34 paquets/seg)
- $B1 = 64\text{ kbps}$ i $B2 = 56\text{kbps}$ (Solució: cadència=27.34 paquets/seg)
- $B1 = 128\text{ kbps}$ i $B2 = 128\text{kbps}$ (Solució: cadència=33.33 paquets/seg)



Exercici 1.3. Una font (A) genera un flux de bits constant a 64 kbps cap a B, a través d'una xarxa de commutació de circuits. Amb aquesta informació el node B, forma paquets que seran transmesos per la xarxa de commutació de paquets cap a C, tots amb una capçalera de 5 bytes. Si la cadència de generació de paquets és de 500 μs , calculeu:

- Utilització de l'enllaç. (Solució: 37.5%)
- Eficiència de l'enllaç. (Solució: 16.6%)
- Eficiència del protocol. (Solució: 44.4%)
- Cabal (throughput). (Solució: 64 Kbps)



Exercici 1.4. Una empresa disposa de diverses sucursals cadascuna amb un ordinador i necessita actualitzar cap a la central de manera continuada la informació emmagatzemada en aquests ordinadors. El volum de dades que s'haurien de transferir des d'una sucursal a la central en cada actualització és de 100 Kbytes (en aquest exercici, a les velocitats de transmissió $1K=10^3$, i en cas d'emmagatzematge d'informació, $1K=2^{10}$). Per poder disposar d'aquest servei aquesta empresa es planteja la instal·lació d'una xarxa de comunicació de dades que permeti comunicar les sucursals amb la central. Després de consultar els possibles proveïdors, s'ha de decidir entre les dues opcions següents:

Opció A. Xarxa de commutació de circuits:

- Velocitat del circuit de 64Kbps.
- Temps d'establiment del circuit de 2 s.
- Temps d'alliberament del circuit de 1 s.
- Temps de propagació menyspreable.

Opció B. Xarxa de commutació de paquets:

- Velocitat dels enllaços de 64 kbps.
- Els paquets són de 256 bytes, formats per 20 bytes de capçalera i 236 bytes de dades d'usuari.
- Temps de propagació menyspreable.
- Temps de processat de paquet menyspreable.

Considerant que el sistema funciona correctament sense congestió ni bloqueig, responeu a les següents preguntes raonant els paràmetres que s'utilitzin.

- a) Calculeu el temps necessari per transmetre des d'una sucursal a la central la informació a actualitzar en cadascuna de les opcions. (Solució: circuits=15.8 seg; paquets=13.88 seg)
- b) Raoneu com es podria modificar la millor de les opcions per aconseguir millorar el temps necessari per a l'actualització.

Exercici 1.5. Una xarxa de radioenllaços té les següents característiques:

- Nombre de enllaços: $N=20$
- Velocitat de transmissió de cada enllaç: $B=64$ kbps
- Distància mitja entre enllaços: $d=30$ km

Es vol enviar un missatge de longitud $L=24000$ bits. Calculeu el temps total (des de que el primer node envia el primer bit del primer paquet, fins que és processat l'últim bit del missatge en el darrer node de commutació) suposant els dos casos següents:

- a) Commutació de paquets amb encaminament en datagrama, on:
 - Longitud del paquet: 1024bits (inclosa la capçalera).
 - Capçalera: 64 bits.
 - Temps de procés en cada node de commutació: 20 ms.
- b) Commutació de paquets amb encaminament en circuit virtual, on:
 - Longitud del paquet: 1024bits (inclosa la capçalera).
 - Capçalera: 24 bits
 - Temps de procés en cada node de commutació: 10 ms.

- Temps d'establiment + Temps d'alliberament de la connexió: 0,5s

Suposeu que en ambdós casos els paquets recorren el mateix camí, és a dir, passen pels N enllaços. Suposeu que no hi ha cap error durant la transmissió. El primer node no processa els paquets però l'últim node sí que ho fa. (Solució: datagrama= 1.202 seg; cv=1.39 seg).

Exercici 1.6. Un usuari vol veure una pel·lícula de 540MB ($1\text{MB} = 2^{20}$ bytes) i de durada 90 minuts. La pel·lícula està emmagatzemada en un servidor. Per enviar la pel·lícula, el servidor genera paquets de 1000 bytes dels quals 50 bytes són de capçalera. Per generar cada paquet del servidor tarda 6 ms. A continuació, els paquets passen per un enllaç de velocitat $B_1 = 800$ Kbps. Tot seguit, s'arriba a un node que triga 10 ms a processar cada paquet. Aquest node envia els paquets per un enllaç de velocitat $B_2 = 1$ Mbps fins a la màquina de l'usuari. El programa de reproducció en l'usuari és capaç de començar a reproduir la pel·lícula abans de que aquesta s'hagi rebut completament (això s'anomena streaming). A més permet configurar el nombre de minuts a esperar abans de començar a reproduir. Considereu que els paquets es transmeten per els enllaços el més ràpid possible i que estan dedicats exclusivament a la nostra transmissió.

- Calculeu la taxa en kbps de pel·lícula que ens proporciona la xarxa. (Solució=760 Kbps).
- Calculeu el nombre de minuts mínim que cal esperar perquè la pel·lícula es reproduïxi sense talls, és a dir, sense que falti informació en cap moment. (Solució=9.33 minuts).

Exercici 1.7. Una xarxa de commutació de paquets (datagrama) està formada per tres enllaços. L'enllaç intermedi (subxarxa de transport) és d'alta velocitat (5 Mbps), mentre que els altres dos (subxarxes d'accés) són de 1 Mbps.

A la subxarxa d'accés es fan servir paquets de 500 bytes, dels quals 150 bytes són de capçalera. A la subxarxa de transport es fan servir paquets de 625 bytes, dels 375 bytes són de capçalera.

La subxarxa de transport no substitueix les capçaleres de la xarxa d'accés per les seves si no que *encapsula* els paquets que li arriben (afegeix la seva capçalera). Com que el paquet que arriba per la subxarxa d'accés no es pot encapsular en un sol paquet a la subxarxa de transport, es fragmenta.

Un cop rebut el paquet a l'altre extrem de la xarxa de transport, el node intermig corresponent ha de desencapsular (treure capçaleres de transport) i reensamblar (juntar de nou) el paquet.

Un node intermig triga 2 ms en encapsular, fragmentar i posar els paquets en la cua de transmissió. Un node intermig de la xarxa de transport, un cop rebuts tots els fragments triga 4 ms en desencapsular, reensamblar i posar el paquet resultant en la cua de transmissió.

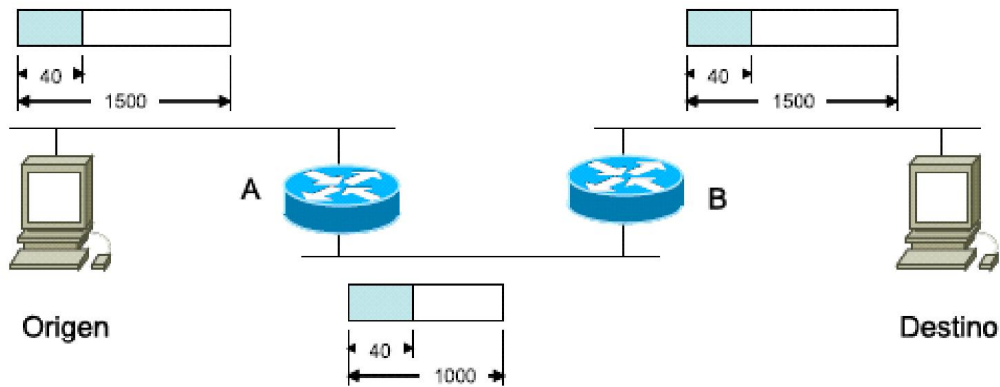
S'assumeix que ni el emissor ni el receptor requereixen temps de procés. El retard de propagació es pot assumir nul. La longitud del missatge a transmetre és de 35000 bytes.

Per a la xarxa d'accés i la xarxa de transport, calcular:

- Utilització de l'enllaç. (Solució: Accés 97,087%, Transport 48,544%)
- Eficiència de l'enllaç. (Solució: Accés 67,961%, Transport 13,592%)
- Eficiència del protocol. (Solució: Accés 70%, Transport 28%)
- Cabal. (Solució: Accés 679,6 Kbps, Transport 679,6 Kbps)

Nota. Consideri com a temps d'observació T_{obs} el temps total de transmissió del missatge.

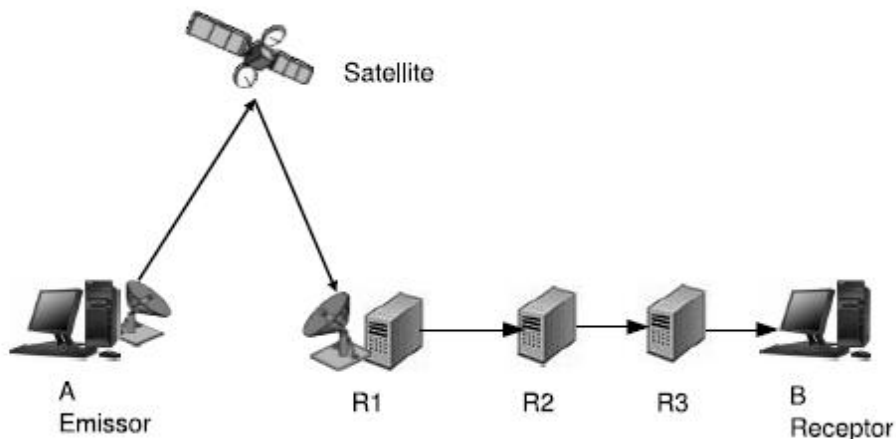
Exercici 1.8 A la xarxa de la figura hi ha unes diferències en la mida màxima del paquet que es pot transmetre. Si un commutador ha de fragmentar un paquet el resultat són dos paquets, un d'ells de longitud màxima i un altre amb la part restant del paquet. El reensamblat dels paquets es fa al destí final (no a cap node intermig).



Tots els paquets tenen 40 bytes de capçalera i la resta és informació. Suposant que l'origen genera paquets de longitud màxima (i.e. 1500 bytes) i que tots els enllaços funcionen a 10 Mbps, calculeu el següent:

- Determinar el cabal (C), és a dir, la velocitat a la que es transfereix la informació. (Solució: 9,480 Mbps)
- Si el commutador B presenta un temps de procés de 0,6 ms per paquet (o fragment) calculi quin serà el cabal al que podrà rebre informació el destí. (Solució: 9,480 Mbps)

Exercici 1.9. El node A vol enviar un fitxer de 5,393MB ($1\text{MB} = 2^{20}\text{bytes}$) al node B mitjançant la xarxa de commutació de paquets de la figura.



Com es pot apreciar en la figura, la xarxa consta de diversos enllaços entre ells un enllaç satèl·lit. Per a l'enllaç satèl·lit es considera el següent:

- Es considera que el satèl·lit és geostacionari, la qual cosa vol dir que el satèl·lit orbita a 36000 km de la superfície de la terra.
- La velocitat de propagació amb el satèl·lit es considera que és la velocitat de llum ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).
- El maquinari per a transmetre per l'enllaç satèl·lit introdueix un retard de 10 ms, és a dir, amb el maquinari en repòs, passen 10 ms des que es dona l'ordre per enviar el primer bit fins que finalment és transmès per l'antena satèl·lit.
- El satèl·lit introdueix un retard de 13,4 ms, és a dir, des que el satèl·lit rep un bit fins que ho retransmet. En qualsevol cas, el satèl·lit no commuta ni encamina (no realitza S&F).

Per als enllaços terrestres es considera el següent:

- El retard de propagació és 6 ms per a cada enllaç.

- Els nodes intermedis o encaminadors (R1, R2 i R3) requereixen un temps de procés de 2 ms per encaminar cada trama.

A més es considera que:

- El node destinació final no requereix temps de procés.
- Tots els enllaços (inclòs el satèl·lit) tenen una velocitat de transmissió de 10 Mbps
- Les trames que s'envien a la xarxa (per qualsevol enllaç) tenen 1500 bytes, dels quals 50 bytes són de capçaleres.

Per a les consideracions anteriors.

- a) Calculeu el temps de transmissió del fitxer.(Solució: 8,0902 s)
- b) Prenent el temps anterior com a temps d'observació, calculi l'eficiència de l'enllaç satèl·lit.(Solució: 55,92%)

Per els següents apartats es considera que:

- Entre els nodes extrems de l'enllaç satèl·lit (A i R1) s'ha establert un mecanisme de control de flux basat en finestra lliscant.
- En aquest mecanisme de control de flux, el receptor (R1) envia un ACK per a cada trama rebuda.
- Els ACK s'envien per l'enllaç satèl·lit en el sentit contrari.
- Pot considerar que el temps de procés per generar el packet ACK és menyspreable i també que la seva mida és menyspreable però ha de considerar el temps de propagació i els retards de transmissió de l'ACK per l'enllaç satèl·lit.

Amb aquestes consideracions i considerant a més que la mida de la finestra de l'emissor a l'enllaç satèl·lit (A) és de 300 trames, calculi:

- c) La ocupació de la cua de recepció del node extrem de l'enllaç satèl·lit (R1) quan es rep la primera trama de la última finestra.(Solució: 433,66 paquets)
- d) En aquest cas, calculeu també el temps de transmissió del fitxer.(Solució: 8,0902 s)
- e) La màxima ocupació de la cua de recepció del node extrem de l'enllaç satèl·lit (R1).(Solució: 553,66 paquets)
- f) Quina és la mida de la finestra màxima a l'emissor A per que en una transmissió arbitràriament llarga l'ocupació de la cua de R1 no creixi indefinidament.(Solució: 264 paquets)