



INTRODUCCIÓ A LES XARXES TELEMÀTIQUES

PROBLEMES AMB SOLUCIÓ

Professors:

Aguilar Igartua, Mónica

Alins Delgado, Juanjo

Altés Bosch, Jordi

Barceló Arroyo, Francisco

Calveras Auge, Anna

Casademont Serra, Jordi

De la Cruz Llopis, Luis J.

Esparza Martín, Oscar

Forné Muñoz, Jordi

Hesselbach Serra, Xavier

Martín Escalona, Israel

Martín Faus, Isabel V.

Mata Díaz, Jorge

Muñoz Tapia, José Luis

Pallares Segarra, Esteve

Paradells Aspas, Josep

Pegueroles Vallès, Josep

Rojas Espinosa, Alfonso

Serrat Fernández, Joan

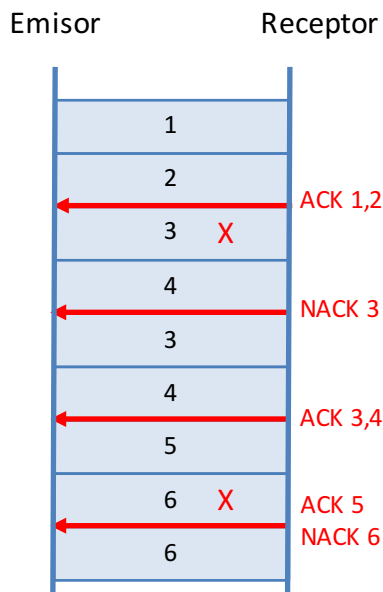
Soriano Ibáñez, Miguel

TEMA 2. ENLLAÇ DE DADES. LLC.

Exercici 2A.1. Una xarxa de commutació de paquets està formada per un tram fix d'1 km de distància que treballa a 10 Mbps, i un tram sense fils (via radio) de 10 km que treballa a 2 Mbps. El protocol de comunicacions del tram fix obliga a enviar reconeixements cada 4 paquets, mentre que al tram sense fils cal enviar un reconeixement cada paquet. El *router* (dispositiu que connecta les dues xarxes) espera a rebre el reconeixement de l'últim paquet abans d'enviar el reconeixement al tram fix. Els paquets de dades utilitzats tenen una mida de 1000 bytes. La velocitat de propagació del tram fix és de $0,6c$ mentre que en tram sense fils és de c . Suposant que s'estableix una comunicació entre una estació del tram fix i una altra del tram sense fils, que no es produeixen pèrdues i que la mida del paquet de reconeixement és menyspreable. Calculeu:

- La utilització del tram fix en%. (Solució: 18,739%)
- La utilització del tram sense fils en%. (Solució: 93,693%)
- La utilització del tram fix assumint que la mida del paquet de reconeixement deixa de ser menyspreable i és de 100 bytes. (Solució: 17,48%)

Exercici 2A.2. Dos màquines se connecten mediante un canal tipo full-duplex usando un protocolo de tipo Go-Back-N. Uno de los terminales envía paquetes de tamaño fijo. El terminal receptor reconoce dos paquetes con un solo paquete de ACK. Los reconocimientos pueden ser tanto positivos como negativos para cada paquete, y además tienen duración despreciable y están libres de errores.

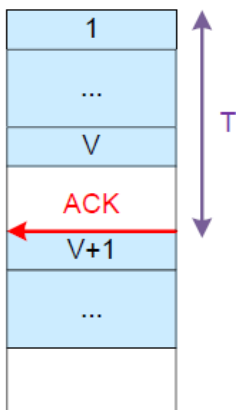


Utilice la siguiente nomenclatura para denotar los parámetros del problema:

- P_e : Probabilidad de error de bit
- L : Tamaño del paquete en bits
- T_T : tiempo de transmisión de paquete
- T_V : tiempo desde el envío del primer bit del primer paquete hasta la recepción del reconocimiento.
- C : Capacidad del enlace en bps

- Encuentre teóricamente la expresión del tiempo medio entre llegadas de paquetes. Para ello deberá tener en cuenta que el comportamiento es distinto dependiendo de cuál es el paquete erróneo. (Solución: $T = T_T(2-p)/2 + T_V \cdot p/(1-p)$ con $p = 1 - (1 - P_e)^L$)
- Calcule teóricamente la tasa máxima de emisión de paquetes, particularizando para los siguientes valores: $L = 10\text{Kbits}$, $P_e = 10^{-6}$, $C = 1\text{Mbps}$. (Solución: $98,51 \text{ paq/s}$)

Exercici 2A.3. Se pretende evaluar un protocolo a nivel de enlace entre dos máquinas A y B, conectadas mediante un canal de 1 Mbps. Los paquetes tienen un tamaño de 1000 bytes, incluyendo los 50 bytes de cabecera. El mecanismo de control de flujo está basado en una ventana deslizante que consiste en enviar tramas continuamente hasta que el emisor tiene un máximo de V tramas sin la confirmación de que la estación receptora B los ha recibido correctamente. V es el tamaño de la ventana. Si el reconocimiento de que un paquete se ha recibido correctamente llega antes de transmitir todos los paquetes de la ventana, el número de paquetes que se pueden transmitir sin confirmación vuelve a ser V . Cuando la estación transmisora A haya enviado los V paquetes de la ventana no podrá enviar nada más hasta que reciba el reconocimiento ACK. Los reconocimientos se envían cada T ms de forma determinista una vez recibido el primer bit del primer paquete de la ventana. El tiempo de transmisión de los paquetes ACK se considera despreciable, así como los tiempos de propagación y proceso.



Dado que el tamaño de la ventana es de 2 paquetes, que T vale 24ms y considerando que los reconocimientos son todos positivos:

- Dibuje el cronograma correspondiente, calcule el tiempo de transferencia de un mensaje de 114.000bits, la utilización del enlace y el número de reconocimientos. (Solución: $T = 192 \text{ ms}$, $\rho = 0,625$ y $\#\text{ACKs} = 8$).
- Si ahora V es de 3 paquetes y T de 16ms, recalculamos los parámetros del apartado anterior. (Solución: $T = 128 \text{ ms}$, $\rho = 0,9375$ y $\#\text{ACKs} = 8$).
- Para un T en concreto, ¿es conveniente aumentar el tamaño de la ventana? ¿Es conveniente aumentar T y V indefinidamente?
- Si se recibe un paquete erróneamente (sólo uno) y el protocolo reenvía todos los paquetes a partir del erróneo, calcule el retardo máximo y el número de reconocimientos en el peor de los casos de las situaciones anteriores. (Solución: caso a) $T = 216 \text{ ms}$, 8 ACKs y 1 NACK. Caso b) $T = 144 \text{ ms}$, 8 ACKs y 1 NACK).

Exercici 2A.4. Una empresa dispone de dos sedes que se desea interconectar. Dichas sedes se encuentran separadas por 10 Km. Para llevar a cabo la conexión, se pretende emplear un enlace dedicado de 100 Mbps de capacidad. Para asegurar la integridad de los datos recibidos, la empresa desea emplear un protocolo de nivel de enlace basado en ARQ, que utiliza el tiempo de retransmisión (T_{out}) mínimo y en el que las tramas son de longitud fija de tamaño 1500 bytes, de los cuales 26 bytes corresponden a la cabecera.

En este escenario, se asume lo siguiente:

- La velocidad de propagación del enlace dedicado es de $2 \cdot 10^8$ m/s.
- La probabilidad de que in bit de datos (BER) se reciba de forma errónea es de 10^{-6} .
- El tamaño de los mensajes de reconocimiento (positivo o negativo) es de 26 bytes, incluida la cabecera.
- El tiempo de proceso del nodo A es despreciable, el tiempo de proceso del nodo B es de $10 \mu\text{s}$.
- Los ACKs no tienen errores ni se pierden.

En primer lugar, la empresa opta por un protocolo de control de errores basado en *Stop & Wait*. Bajo la suposición de que no hubiera errores, se solicita:

- a) Dibujar el cronograma de la comunicación correspondiente a la transmisión de al menos una trama de datos.
- b) Calcular el tiempo transcurrido desde que se inicia la transmisión de una trama hasta que se puede iniciar la transmisión de la siguiente trama. (Solución: $232,08 \mu\text{s}$).
- c) Calcular la cadencia (tramas de datos por unidad de tiempo) con la que se reciben las tramas en el nodo B. (Solución: $4308,86 \text{ tr/s}$).

Teniendo en cuenta ahora la presencia de errores en la trama de datos, se solicita:

- d) Calcular el tiempo medio transcurrido hasta enviar correctamente una trama de datos. (Solución: $234,90 \mu\text{s}$).
- e) Calcular el caudal (o *throughput*) (bits de información de las tramas de datos recibidas correctamente por unidad de tiempo, expresado en bps). (Solución: $\text{Thr} = 50,2 \text{ Mbps}$).

Con el objetivo de mejorar el caudal, la empresa se plantea aumentar el tamaño de las tramas a 3000 bytes, manteniendo el tamaño de la cabecera. Bajo esta premisa se pide:

- f) Calcular el nuevo caudal (o *throughput*) obtenido. Comente el resultado obtenido de modo razonado. (Solución: $\text{Thr} = 65,95 \text{ Mbps}$).

TEMA 2. ENLLAÇ DE DADES. MAC.

Exercici 2B.1. Dues estacions A i B envien trames de 1800 Bytes a una tercera estació C mitjançant un medi compartit a velocitat 1 Mbps. Les trames tenen 50 bytes de capçalera. En el medi suposarem el temps de propagació menyspreable. Els ACK s'envien pel mateix medi compartit i tenen una longitud de 75 bytes. S'utilitza un algorisme tipus Aloha on:

- L'algorisme transmet les trames que troba a la cua de l'enllaç.
- Si es produeix una col·lisió, no es rebrà el corresponent ACK.
- En cas de no rebre l'ACK, s'espera un backoff determinista per retransmetre.
- Abans de transmetre una nova trama de la cua s'ha d'haver finalitzat amb la transmissió o retransmissió de la trama anterior.

A l'estació A:

- L'aplicació emissora genera dades per omplir una trama cada 80 ms. Amb aquestes dades es genera una trama i aquesta trama es col·loca a la cua de l'enllaç compartit.
- En cas de no rebre l'ACK, l'algorisme de backoff que segueix aquesta estació és determinista i consisteix en esperar 30 ms. El backoff comença en l'instant en que s'hauria d'haver acabat de rebre l'ACK.

A l'estació B:

- L'aplicació emissora genera dades per omplir una trama cada 40ms i la resta del procés és igual que a l'altre estació.
- En cas de no rebre l'ACK, l'algorisme de backoff que segueix aquesta estació és determinista i consisteix en esperar 50 ms. El backoff comença en l'instant en que s'hauria d'haver acabat de rebre l'ACK.

Atès que les dues estacions inicien les seves transmissions en l'instant 0 ms:

- a) Calculeu el throughput que aconseguirà cada màquina. (Solució: Th=175 Kbps).
- b) Calculeu l'ocupació en bytes de les cues de nivell d'enllaç de cadascuna de les estacions després de 800 ms. (Solució: Estació A: 0 Bytes; Estació B:18000 bytes).

Exercici 2B.2. Una LAN utilitza un protocol d'accés CSMA/CD. La velocitat del bus és de 50 Mbps i per regenerar el senyal s'utilitzen 4 repetidors que introdueixen un retard de 12 bits cadascun. Les distàncies estació-repetidor i repetidor-repetidor són de 150 m. A més, un dels enllaços repetidor-repetidor és especial (de fibra òptica) i d'1 km de longitud (en lloc de 150 m). La velocitat de propagació en tots els medis és de 2×10^8 m/s. Calculeu la longitud mínima de trama L_{min} (en bits) perquè el protocol CSMA/CD funcioni adequadament (es detectin les col·lisions en el pitjor dels casos). (Solució=896 bits).

Nota. No cal considerar la seqüència de "jamming".

Exercici 2B.3. Un satèl·lit actua de estació para la comunicació con diferentes aviones de una compañía. Se utiliza un protocolo ALOHA ranurado. El ancho de banda utilizado es de 1 Gbps. Si el tamaño medio de cada trama es de 1500 bytes, y cada avión genera 100 tramas cada segundo, ¿cuál es el número máximo de aviones que pueden comunicarse con el satèl·lit?

Exercici 2B.4. Un medi de transmissió utilitza com a mecanisme d'accés al medi un Aloha Pur. Les trames són 200 bits de longitud, i la velocitat de transmissió és de 200 Kbps. Suposem que l'ACK es transmet per un altre canal de broadcast independent. Quina és la taxa de trames correctament enviades si les trames totals que genera el sistema (trames noves + retransmissions) és:

- a) $\lambda = 100$ trames/s.
- b) $\lambda = 500$ trames/s.
- c) $\lambda = 1000$ trames/s.
- d) Què succeeix en el darrer cas que no passava en els anteriors?

Exercici 2B.5. En un moment donat, un mecanisme d'accés al medi treballa en un punt on $S=0.4$ i $G=0.7$. Quina és la probabilitat de col·lisió del sistema? Consideri que no hi ha errors de transmissió, només col·lisions.

Exercici 2B.6. Un paràmetre curiós és la longitud del bit en centímetres, o el nombre de bits que caben en 1 metre de cable. Calcula quina és la longitud d'un bit i quants bits hi haurien en un metre de fibra òptica on la velocitat de propagació és de 2×10^8 m/s i la velocitat de transmissió és d' 1 Gbps. I en un tram de cable que uneix dos ordinadors separats 200 m? Raona quin tipus de paquets d'aplicacions que coneixes s'ajustarien a aquesta mida.