

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS
 ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES
EXAMEN FINAL DE JULIO: 6-7-2012.
 (ver “notas” al final del texto)

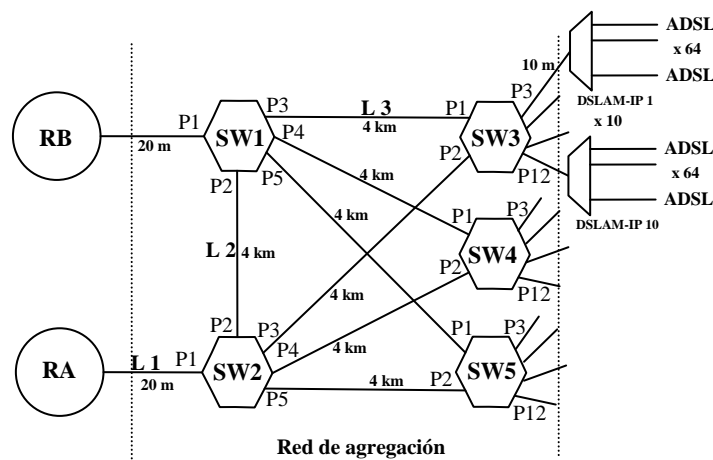
EJERCICIO 1

DURACIÓN: 45 MINUTOS, PUNTUACIÓN: 10/3 puntos.

Un proveedor de acceso a Internet utiliza la infraestructura de la figura para atender mediante ADSL a sus abonados. Les proporciona dos servicios:

- Acceso de datos a Internet, con velocidad de bajada de 6 Mbps y de subida de 1 Mbps.
- Video bajo demanda, que permite a cada usuario ver una película consumiendo 4 Mbps de bajada y un ancho de banda despreciable de subida.

Todos los abonados se suscriben a los dos servicios. Ambos pueden utilizarse simultáneamente sin que el video reduzca la velocidad de bajada disponible en el servicio de datos.



Los usuarios acceden a equipos DSLAM-IP. Cada DSLAM-IP actúa como un *router* IP y tiene 64 líneas ADSL. La red de agregación la forman los conmutadores Ethernet SW1 a SW5, desde los que se llega a Internet a través de 2 *router* IP: RA y RB. Cada conmutador, desde el SW3 al SW5, está conectado a 10 DSLAM-IP.

El router RB se utiliza como respaldo de RA (todo el tráfico se encamina por defecto por RA).

El árbol de alcanzabilidad (*spanning tree*) está completado. Todos los abonados están cursando tráfico con Internet en ambos sentidos. RA, RB y los DSLAM-IP intercambian entre sí la señalización de encaminamiento del algoritmo de “Estado de enlaces”. Las tablas de *forwarding* en los conmutadores y en los *router* IP se han estabilizado.

1. Indicar justificadamente el estado en que están los puertos de los conmutadores.
2. Definir el tipo de nivel físico Ethernet que debe utilizarse en los enlaces L1, L2 y L3, para que soporten el tráfico generado cuando todos los usuarios están usando su acceso al máximo caudal contratado.
3. Obtener justificadamente el número de entradas de las tablas de “forwarding” de los conmutadores SW1, SW2 y SW3.

El tráfico que llega al *router* RA procedente de Internet (video y datos) se puede considerar poissoniano, constituido por datagramas IP de longitud constante e igual a 1500 octetos. Se hace una medición y se obtiene que el caudal medio procedente de Internet para todos los abonados es de 1,5 millones de paquetes IP por segundo. Para el tráfico de esa medición y utilizando un modelo de caso peor:

4. Calcular cuánta memoria debe tener el *router* RA para el tráfico procedente de Internet para que la probabilidad de pérdida de paquetes sea inferior a una millonésima.

Notas:

- El proveedor no aplica sobresuscripción en esta red.
- Considerar que el orden alfabético de los identificadores de los conmutadores coincide con el orden el de sus MAC.
- Considerar despreciables el efecto de las cabeceras y los caudales de los tráficos de señalización.
- Considerar las tablas con las opciones de cobre y fibra ordenadas de arriba abajo por coste creciente. A igual velocidad, considere más barato el cobre que la fibra.

Solución Ejercicio 1, RSTC, 14-6-2012

- 1.- SW1: P1-d, P2-d, P3-d, P4-d, P5-d -> Todos en *Forwarding*
SW2: P1-d, P2-r, P3-d, P4-d, P5-d -> Todos en *Forwarding*
SW3..5: P1-r, P2--, P3..P12-d -> P2 en *Blocking*, el resto en *Forwarding*

- 2.- L3 -> 10 Mbps x 64 x 10 = 6,4 Gbps
L2 -> 3 x (10 Mbps x 64 x 10) = 19,2 Gbps
L1 -> 3 x (10 Mbps x 64 x 10) = 19,2 Gbps

L1 -> 40 Gbps, 20 m -> 40GBaseSR4

L2 -> 40 Gbps, 4 km -> 40GBaseLR4

L3 -> 40 Gbps, 4 km -> 10GBaseLR

- 3.- Todos los *router* IP: RA, RB y todos los DSLAM, generan paquetes de estado de enlace; cada *router* hacia todos los demás.

Por todos los conmutadores pasan paquetes de todos los routers: 2 +30 = 32

Las tablas de todos los conmutadores tienen 32 entradas

- 4.- Se forma una cola M/D/1 en RA
La aproximamos como M/M/1 (caso peor para M/D/1)

$$\lambda = 1,5 \times 10^6 \text{ pps}; \quad \mu = (40 \times 10^9 / 1.500 \times 8); \quad \rho = 0,45$$

$$N = (\lg P_b - \lg(1-\rho)) / \lg \rho = 16,5; \quad N = 17$$

$$\rho^{N+1} = 5,7 \times 10^{-7} \ll 1$$

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS
ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES
EXAMEN FINAL DE JULIO: 6-7-2012.
(ver “notas” al final del texto)

EJERCICIO 2**DURACIÓN: 50 MINUTOS, PUNTUACIÓN: 10/3 puntos.**

Para una línea de metro, la única existente en una ciudad mediana, se está diseñando un sistema distribuido de control y gestión del tráfico de trenes que va a estar soportado por 3 centros de control (**CC_i**, $i=1..3$) y una red que los interconecta. Dos de ellos, **CC1** y **CC3**, están situados en los extremos de la línea; el tercero, **CC2**, está colocado en un punto intermedio equidistante de los anteriores. La línea es de 10Km de longitud.

En cada **CC_i**, los sistemas finales están interconectados por una red LAN conmutada compuesta por un único “switch Ethernet” (**S_i**, $i=1..3$). A cada uno de los cuales están conectados, además, 2 routers IP (**R_{ij}**, i =número de centro, $j=1,2$) redundantes para mejorar la disponibilidad de la red. Los routers se conectan entre sí mediante pares de F.O (una por cada sentido) que ofrece un operador de telecomunicaciones (**OPFO**) siguiendo el recorrido de la línea de metro. De esta forma **R11** queda conectado, en dúplex, con **R21**, **R12** con **R22**, **R21** con **R31** y **R22** con **R32**.

En todos los equipos de la red se instalan protocolos TCP/IP cuyo Link está implantado a base de tecnología Ethernet a 1Gbps sobre F.O. o sobre cable de pares, según sea necesario. El protocolo IP encamina usando el protocolo de “Vector de Distancias” con métrica el número de saltos.

En la red existe un tráfico de $\lambda=100$ pps que cada **CC_i** intercambia con cada uno de sus **CC_j** contiguos en términos de la línea de metro (uno para **CC1** y **CC3**, y 2 para **CC2**). Este tráfico puede suponerse Poissoniano. Los paquetes tienen una longitud aleatoria de media 1000 octetos y distribución exponencial.

Los sistemas finales en los **CC_i** usan su correspondiente **R_{i1}** para encaminar el tráfico enviado fuera de su propia red local (“default router”).

Se pide, justificando la respuesta:

1. Dibujar la topología del “hardware” de la red.
2. Calcular los “Vectores de Distancia” de los routers IP de **CC2** supuesta totalmente operativa y estable.
3. Calcular el retardo medio que sufren los paquetes en esta red.

Los costes de **OPFO** son prohibitivos por lo que la compañía de metro decide sustituir sus servicios por los de un operador de red (**OPN**) que ofrece servicios orientados a conexión basados en Circuitos Virtuales Simplex. La compañía del metro cambia las F.O. contratadas a **OPFO** por enlaces de abonado, a 2048 kbps duplex, y circuitos virtuales simplex de **OPN** que componen una topología de red idéntica a la que se obtenía con las F.O.

OPN implanta su servicio de comunicaciones en la ciudad mediante un único edificio que alberga dos grandes conmutadores de paquetes, **C1** y **C2**, pensados como conmutadores redundantes y que **NO están interconectados** entre ellos por ningún recurso de **OPN**.

De esta forma, para la red redundante del metro, los routers IP **R_{i1}** deben estar conectados a **C1** y los **R_{i2}** a **C2**, para todo **CC_i**.

Se pide para este segundo caso, justificando la respuesta:

4. Dibujar la topología del “hardware” de la red.
5. Calcular los “Vectores de Distancia” de todos los routers IP de **CC2** supuesta totalmente operativa y estable.
6. Calcular la tabla de Circuitos virtuales existentes **C2**, supuesto que no hay otros CVs en la red.
7. Calcular el retardo medio que sufren los paquetes en esta red.

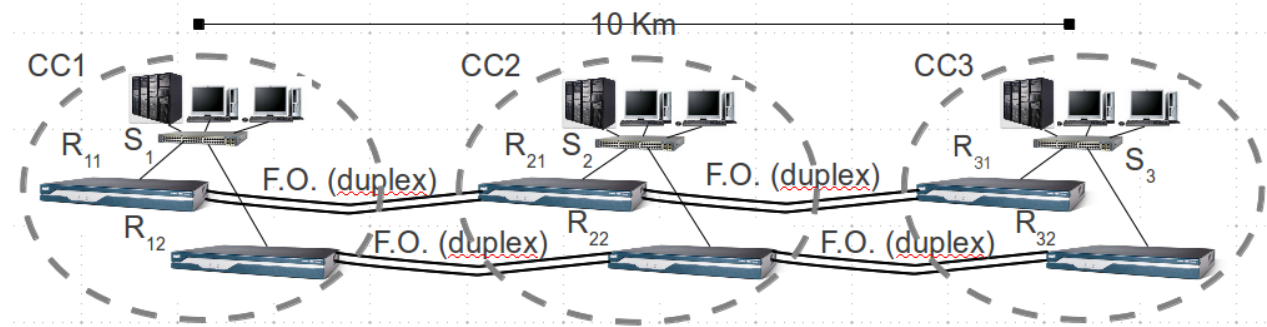
Notas:

- Suponer despreciables los tiempos de proceso (CPU) en toda la red y la sobrecarga de los protocolos.
- Se pueden despreciar los efectos de los enlaces Ethernet de los sistemas finales (PCs, Servidores, WSs,...).
- Suponer que se cumplen las condiciones de Jackson en las redes de colas que modelan el sistema.

RSTC Examen extraordinario. Julio 2012. Ejercicio 2 – Solución

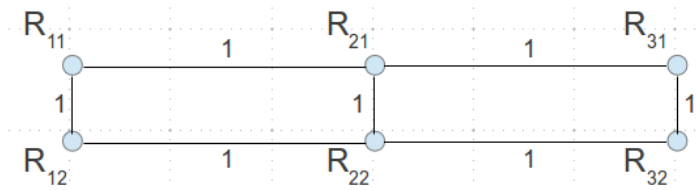
1.- Dibujar la topología.....

Topología = equipos + medios físicos + conectividad.



2.- Calcular los “Vectores de distancia”..... routers IP CC2

El grafo de encaminamiento es:

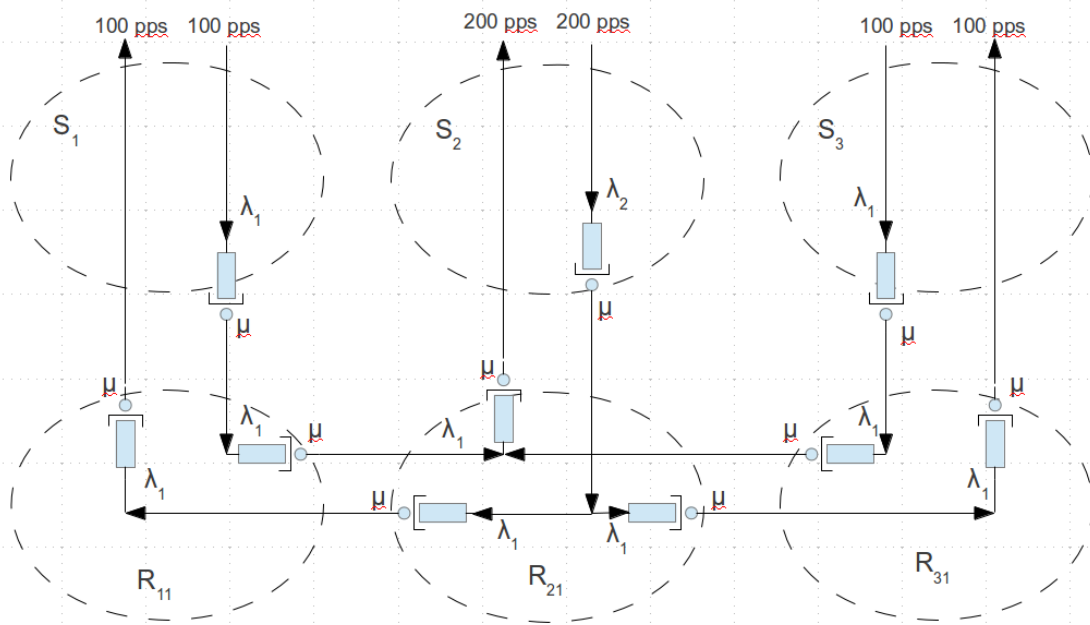


y, por tanto, los DVs:

Coste a	DV de R ₂₁	DV de R ₂₂
R ₁₁	1	2
R ₁₂	2	1
R ₂₁	-	1
R ₂₂	1	-
R ₃₁	1	2
R ₃₂	2	1

3.- Calcular el retardo medio que sufren los paquetes en esta red.....

Sin tener en cuenta los enlaces Ethernet en los sistemas finales, como indica el enunciado, y como todo el tráfico de los sistemas finales se dirige a los R₁₁ en cada centro, la red de colas equivalente es:

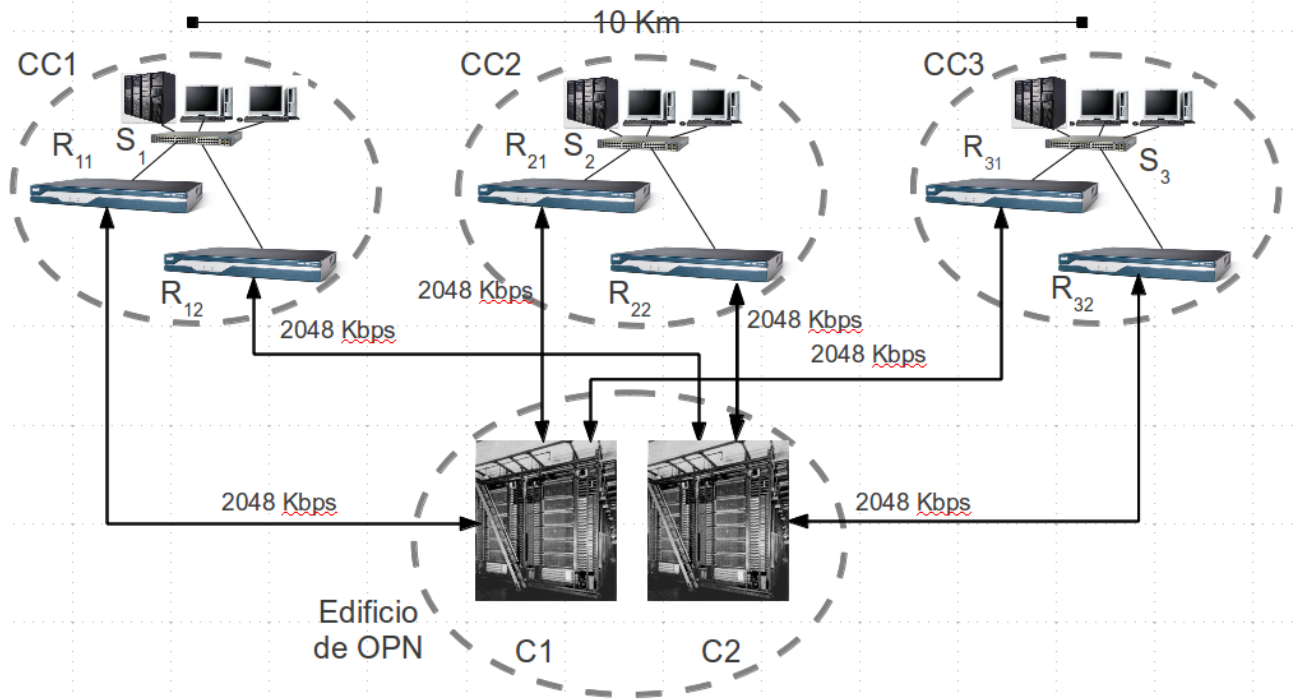


Con $\lambda_1 = 100$ pps, $\lambda_2 = 200$ pps y $\mu = 10^9/8000 \Rightarrow \rho_1 = \rho_2 \sim 0 \Rightarrow E(t_1) = E(t_2) = 1/\mu = 8 \mu s$

El tiempo de propagación en cada salto por la F.O. no es despreciable: $t_p = 5/200000 = 25 \mu s$

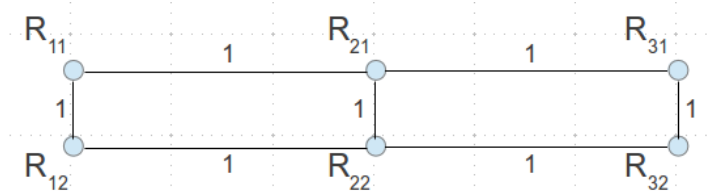
Todos los paquetes dan un único salto entre CCs y su retardo es: $T = t_p + 3/\mu = 49 \mu s$

4.- Dibujar la topología.....



5.- Calcular los “Vectores de distancia”..... routers IP CC2

En este segundo caso, teniendo en cuenta los CV que se establecen y los enlaces de abonado existentes, el grafo de encaminamiento no cambia:



Y, por tanto, los DV tampoco cambian.

6.- Calcular la tabla de CVs existentes en C2.....

Los CVs establecidos en C2, dado que son simplex, serán:

R12 → R22, R22 → R12, R22 → R32 y R32 → R22.

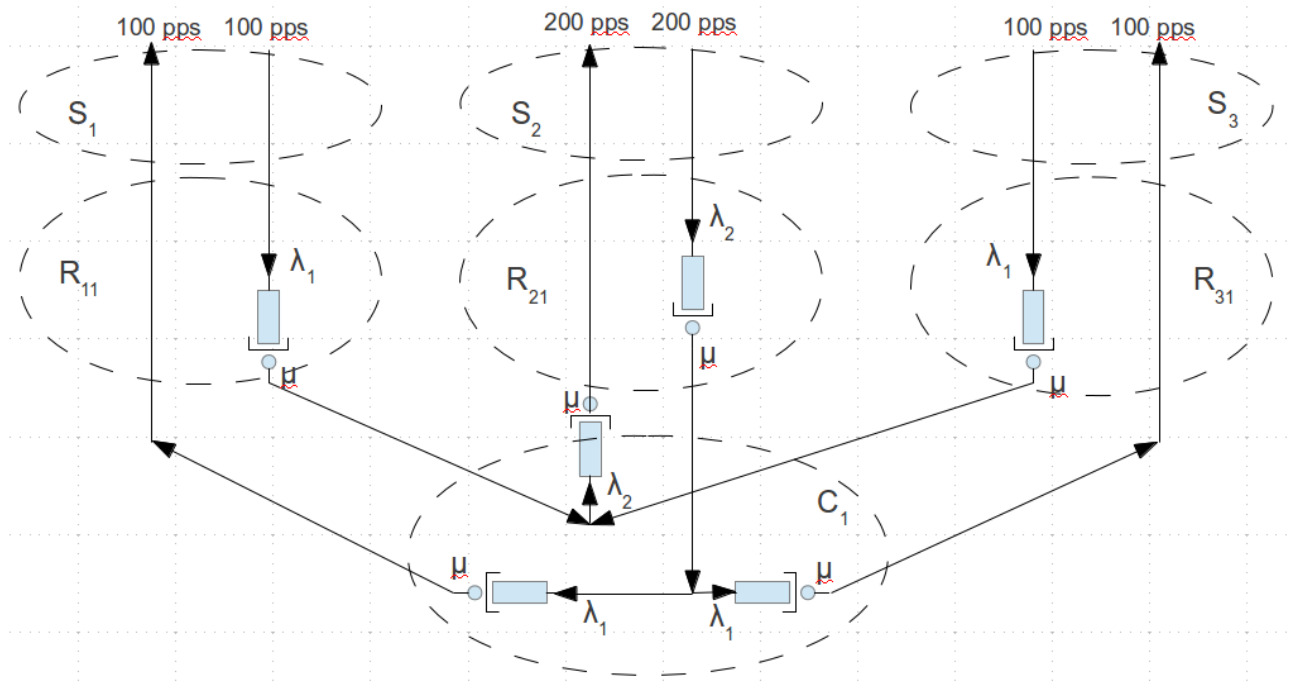
Supuesto que no hay otro tráfico y que se empiezan a establecer con numeración a partir del 1 y en el orden en que se describen antes, la tabla de CVs quedaría:

entrada		salida	
equipo	Nº cv	equipo	Nº CV
R ₁₂	1	R ₂₂	1
R ₂₂	1	R ₁₂	1
R ₂₂	2	R ₃₂	1
R ₃₂	1	R ₂₂	2

7.- Calcular el retardo medio que sufren los paquetes en esta red.....

En este caso el retardo significativo se produce en los enlaces de abonado de la red de OPN dada su velocidad. El retardo en los enlaces Ethernet a 1 Gbps (8 μs) es despreciable, el tiempo de propagación (25 μs) también.

La red de colas equivalente es la de la figura a continuación; en ella, las tasas de llegada no cambian, $\lambda_1 = 100$ pps, $\lambda_2 = 200$ pps, y la tasa de servicio es tal que $\mu = 2048000/8000 = 256$ pps. Por tanto, $E(n_1) = \lambda_1/(\mu-\lambda_1) = 0,641$, $E(n_2) = \lambda_2/(\mu-\lambda_2) = 3,57$, los tráficos λ_1 y λ_2 respectivamente.



El retardo medio será: $\mathbf{T = (1/ \lambda_T) \sum_{i=colas} E(n_i) = (1/400)(4 E(n_1) + 2 E(n_2)) = 24,26 \text{ ms.}}$

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS
ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES
EXAMEN FINAL DE JULIO: 6-7-2012.
(ver “notas” al final del texto)

EJERCICIO 3**DURACIÓN: 45 MINUTOS, PUNTUACIÓN: 10/3 puntos.**

Una empresa de servicios multimedia necesita difundir vídeo desde su centro de producción (CP) a sus 3 delegaciones distribuidas por toda la ciudad. Además, necesita comunicación de datos corporativos entre todas las delegaciones y de éstas con el CP. Para ello contrata el servicio proporcionado por un operador Metro-Ethernet (ME).

El CP y cada delegación disponen de una red LAN de 100Mbps y de un router IP conectado a la “ME Network” (MEN) a través de fibra óptica a 100Mbps. Para cubrir las necesidades de comunicación se decide contratar el servicio E-LAN con dos CoS, uno para la difusión del vídeo y otro para datos corporativos.

El perfil de tráfico “ingress” que se va a contratar para el CoS de video en la UNI del CP tiene los siguientes parámetros en su SLS/SLA: CIR=5 Mbps, CBS=75 koctetos, EIR=11 Mbps, EBS=8 koctetos.

En el resto de las UNIs el perfil de tráfico “ingress” contratado para el CoS de vídeo es muy pequeño (CIR \approx 0).

Para cumplir con el SLA contratado (CIR Conformant) se conforma el tráfico de vídeo en el CP con un Token Bucket (TB) con $\rho_T = CIR$ y $C_T = CBS$. Los “tokens” del conformador se consumen cuando se transmite por la UNI. La política definida para el conformador es de almacenar los paquetes en cola (Q) cuando no hay “tokens”.

La aplicación que codifica el vídeo transmite a la LAN el flujo de vídeo con un caudal de pico de 80 Mbps y un caudal medio de 4 Mbps. El tráfico que se observa en la LAN es una secuencia periódica de ráfagas (a caudal de pico) de duración 10ms cada una, entre las cuales no hay tráfico de vídeo.

Se pide:

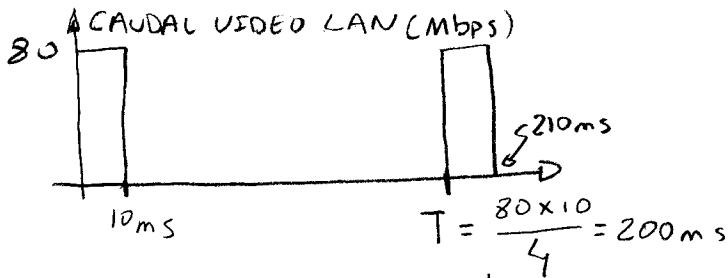
1. Determinar el caudal de vídeo “ingress” en la UNI del CP (Dibujar el caudal en función del tiempo, incluyendo valores numéricos).
2. Calcular la longitud que alcanza la cola (Q) en el conformador de tráfico.
3. Si por error se configura el conformador de tráfico de vídeo con $C_T = 150$ koctetos, calcular el porcentaje de paquetes que el operador de la ME descartaría, suponiendo que su red no está congestionada.
4. Determinar la tabla de forwarding de cada uno de los routers: El router del CP (Rcp) y los routers de las delegaciones (Rd1, Rd2 y Rd3).

1)

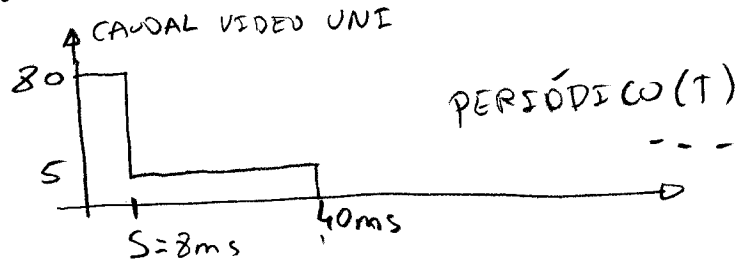
CONFORMADOR CP

$\rho_T = 5 \text{ Mbps}$

$C_T = 75 \text{ KB}$



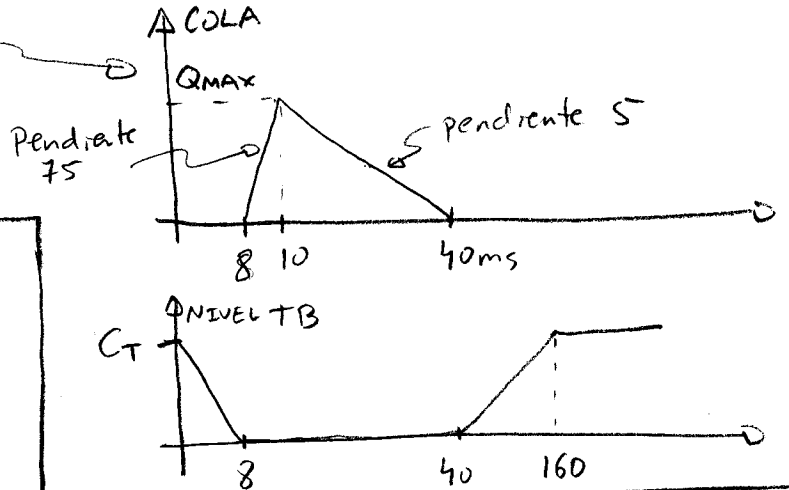
PERIODO



$S = \frac{C_T}{M - \rho_T} = \frac{75 \times 8}{80 - 5} = 8 \text{ ms}$

$M = 80 \text{ Mbps}$ YA que la UNI soporta esa velocidad

2) $Q_{MAX} = 75 \times 2 = 150 \text{ kb}$



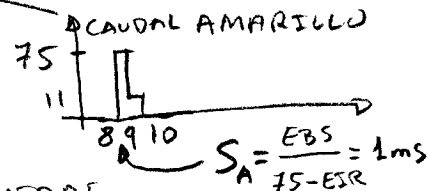
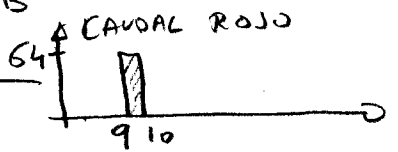
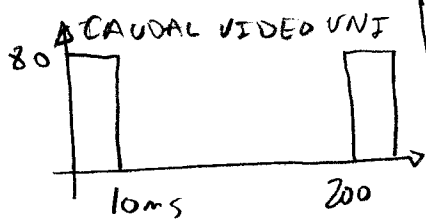
3)

$CIR = 5 \text{ Mbps}$

$CBS = 75 \text{ KB}$

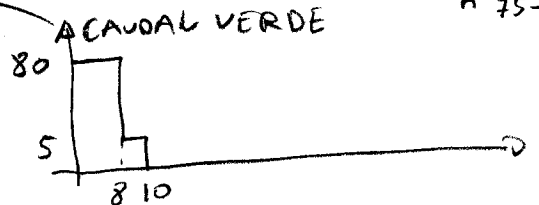
$EIR = 11 \text{ Mbps}$

$EBS = 8 \text{ KB}$



con $C_T = 150 \Rightarrow S = 16 \text{ ms} > 10 \text{ ms}$

el conformador deja pasar toda la ráfaga



SE TIRAN ROJOS $\Rightarrow 64 \text{ kb} = 8 \text{ KB} \Rightarrow 8\%$
 YA QUE LA RED NO ESTÁ CONGESTIONADA
 en cada periodo

* Los 2 TB se recuperan entre $T = 200 \text{ ms}$

4/

CP	
Dst	Next Hop
Rcp	-
Rd1	Rd1
Rd2	Rd2
Rd3	Rd3

Rd1	
Rcp	Rcp
Rd1	-
Rd2	Rd2
Rd3	Rd3

Rd2	
Rcp	Rcp
Rd1	Rd1
Rd2	-
Rd3	Rd3

Rd3	
Rcp	Rcp
Rd1	Rd1
Rd2	Rd2
Rd3	-

donde "-" significa el interfaz local LAN

NOTAS GENERALES:

- La velocidad de la luz en los medios físicos guiados es de 200 000 Km/s
- Los tiempos de procesamiento, las sobrecargas de los protocolos y los errores en los medios pueden suponerse despreciables siempre que no se especifiquen de forma explícita en el ejercicio.
- Suponer que las sobrecargas por establecimiento de circuitos y por señalización de protocolos son despreciables siempre que no se especifiquen de forma explícita en el ejercicio.
- Recordamos que se pueden usar libros y apuntes pero **NO EJERCICIOS RESUELTOS**.
- No se pueden utilizar teléfonos móviles ni dispositivos electrónicos inteligentes, sólo calculadoras básicas.
- No se deben entregar soluciones de ejercicios diferentes en la misma hoja.
- Se entregarán los enunciados como primera hoja de cada problema.
- El examen se debe entregar con todas las hojas dobladas en un único bloque.
- Se debe poner el nombre en todas las hojas entregadas.
- Las fechas de publicación de calificaciones y el límite de petición de revisión son:
 - Calificaciones provisionales: 16-7-2012
 - Límite de petición de revisión: 18-7-2012

Longitudes máximas de los medios físicos Ethernet Fibra:

10BASE-FL	850 nm	→ 1 km
100BASE-FX	850 nm	→ 2 km
1000BASE-SX	850 nm	→ 275 m → 550 m
1000BASE-LX	1300 nm	→ 550 m → 5 km
1000BASE-LX10	1300 nm	→ 550 m → 10 km
10GBASE-SR	850 nm	→ 33 m → 300 m
10GBASE-LRM	1300 nm	→ 220 m
10GBASE-LR	1300 nm	→ 10 km
10GBASE-ER	1500 nm	→ 40 km
40GBASE-SR4, 100GBASE-SR10	850 nm	→ 100 m
40,100GBASE-LR4	1300 nm	→ 10 km
100GBASE-ER4	1300 nm	→ 40 km

Medios físicos Ethernet Cobre:

Evolución de Ethernet sobre pares	Cat. 3 Clase C	Cat. 5e Clase D	Cat. 6 Clase E	Cat. 6a Clase Ea	Cat. 7 Clase F	Cat. 7a Clase Fa
10Base-T	●	●	●	●	●	●
100Base-T		●	●	●	●	●
1000Base-T			●	●	●	●
10GBase-T				●	●	●
40GBase-T						
100GBase-T						

EN DESARROLLO