

ASIGNACIÓN ÓPTIMA DEL ANCHO DE BANDA PARA REDES ATM CONSIDERANDO LA CALIDAD DE SERVICIO

Catalina Herrera Duque*, Johanna Carolina Rodríguez Guzmán**, Néstor Misael Peña***

RESUMEN

En este artículo se presenta un método, el cual se ha denominado "off/on-line" que tiene como objetivo estimar la reserva de recursos (ancho de banda óptimo) en una red ATM a partir de las características del tráfico (trazas de video MPEG-I con categoría de servicio VBR), características de la red y de ciertos parámetros de calidad de servicio: retardo máximo entre emisor y receptor y la tasa de pérdida de celdas en la transmisión.

ABSTRACT

In this paper we present a method, which has been denominated off/on-line, its objective is to calculate the reserve of resources (optimal bandwidth) in an ATM network, based on the characteristics of the traffic (MPEG-I video traces with category VBR), the characteristics of the network and certain parameters of quality of service: maximum delay between emitter and receiver and the cell loss rate in the transmission.

PALABRAS CLAVE

Redes ATM, ancho de banda, calidad de servicio, tráfico MPEG, método off/on-line.

INTRODUCCION

A la hora de realizar una transmisión de tráfico, el administrador de red debe garantizar a sus usuarios una calidad de servicio (QoS) adecuada utilizando de la mejor manera posible el ancho de banda con el que cuenta.

Cuando se asigna una cantidad elevada de ancho de banda, para garantizar la calidad de servicio; se disminuye la eficiencia y por tanto se pierde la posibilidad de admitir varios usua-

rios en la red. El problema es, por tanto, asignar el ancho de banda suficiente para mantener un determinado nivel de calidad de servicio, pudiendo así optimizar el uso de la red.

MÉTODO DE ASIGNACIÓN DEL ANCHO DE BANDA OFF/ON-LINE

Para la implementación de este método es necesario tener en cuenta dos etapas características para el envío de datos en la red; la primera se presenta previamente a la transmisión, y

* Magíster en Ingeniería Electrónica y de Computadores, Universidad de los Andes, cherrera@escuelaing.edu.co

** Magíster en Ingeniería Electrónica y de Computadores, Universidad de los Andes, jorodrig@escuelaing.edu.co

*** Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad de los Andes, npena@uniandes.edu.co

en ésta se asigna un ancho de banda con el cual se inicia el proceso, esto se logra analizando las características del tráfico específico a transmitir (asignación off-line de ancho de banda). La segunda se presenta durante la transmisión ya que las características del tráfico VBR pueden variar con el tiempo, en esta etapa se realiza un monitoreo del parámetro de calidad de servicio y de acuerdo a esto se reasigna un ancho de banda dinámicamente (asignación on-line de ancho de banda). En la figura 1 se explica el esquema general planteado por medio de un diagrama de bloques.

Caracterización de la red ATM

Las características de los elementos de red determinan dos términos de error: C y D, que representan como la implementación de estos elementos se desvía del modelo del flujo de tráfico simulado (“leaky bucket”).

La C (celdas) es un término de error dependiente de la tasa de transmisión, representa el retardo que la información transmitida puede experimentar debido a los parámetros de transmisión de flujo.

La variable D (seg) es independiente de la tasa de transmisión y representa el peor retardo que experimentará el flujo en cada elemento de la red.

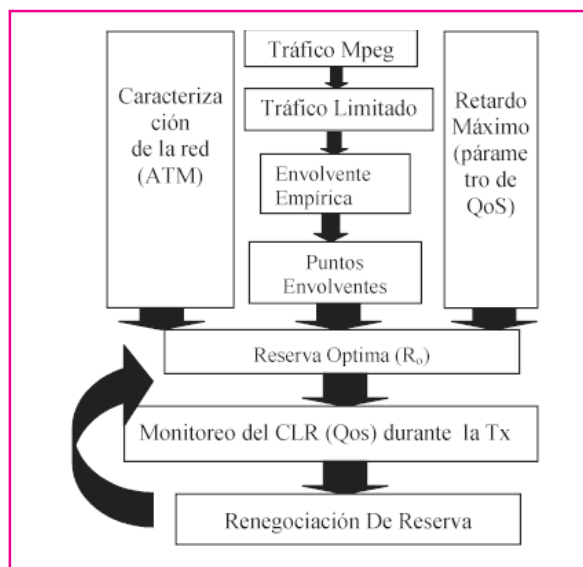


Figura 1. Diagrama de bloques método: off/on-line

Para una red con más de un nodo C_{tot} y D_{tot} resultan de la suma de C y D en todos los nodos.

Para modelos de redes donde se forma eventualmente una cola y se transmiten los datos en forma de paquetes, D es igual al MTU del nodo (unidad máxima de transferencia del equipo de la red) dividido por el ancho de banda (BW) del enlace en el nodo [1], por lo tanto para una red con mas de un nodo, se tiene:

$$D_{tot} = \sum_{j=1}^k \frac{MTU_j}{BW_j} \quad (1)$$

Donde k es el número de nodos de la red. Para el cálculo de este parámetro no se está teniendo en cuenta la latencia de la red (tiempo mínimo de duración de la información en un dispositivo), ya que en la práctica este parámetro se puede considerar como tendiendo a cero [1] y M es el mínimo MTU de todos los nodos que componen la red.

Para este modelo de red C es igual a M, y para una red que tiene varios nodos, C_{tot} sería igual a:

$$C_{tot} = kM \quad (2)$$

Tráfico MPEG

El tráfico elegido para plantear este modelo son unas trazas de video codificadas [2], [3] utilizando el MPEG-encoder (versión 1.3) de Berkeley a una tasa de 25 cuadros por segundo con codificación VBR

Tráfico limitado

La caracterización del tráfico de la fuente en el peor de los casos se realiza para proveer un límite superior absoluto en la llegada de la información de la fuente, [4], [5], [6], [7]:

$$A[\tau, \tau + t] \leq A^*(t) \quad (3)$$

Cualquier función $A^*(t)$ que satisfice la propiedad anterior (3) se denomina “función de tráfico limitado”.

Las caracterizaciones prácticas del tráfico son derivadas de los modelos de tráfico parametrizados. El modelo de tráfico utilizado en esta investigación [4], describe el tráfico admitido en el peor caso, es decir, la función de tráfico limitado, mediante un “leaky bucket” con un parámetro de ráfagas (s) y un parámetro de tasa de transmisión (r), como [5], [6], [7]:

$$A^*(t) = \sigma + \rho t \quad (4)$$

Envolvente Empírica

Con el fin de evaluar el modelo de tráfico de forma determinista es necesario comparar que tan exactamente la función de tráfico limitado puede representar el flujo de tráfico a transmitir [5], [6], [7].

En consecuencia, se define la envolvente empírica $E^*(t)$ como la función de tráfico limitado más exacta para la función de tráfico a transmitir A , y esto se puede escribir como (ver figura 2):

$$E^*(t) = \max_i A[\tau, \tau + t] \quad (5)$$

$$\text{Con } A^*(t) \geq E^*(t) \geq A(t) \quad (6)$$

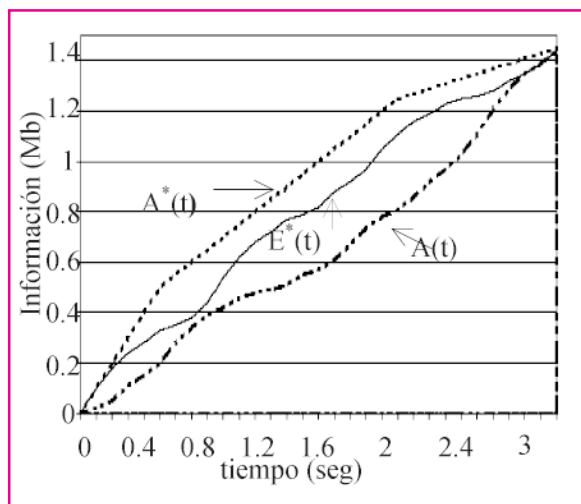


Figura 2. Relación entre $A(t)$, $A^*(t)$ y $E^*(t)$

Puntos Envolventes

Una vez obtenida la envolvente empírica, se evalúa su pendiente en diferentes intervalos de tiempo localizando cada uno de los puntos en los cuales la pendiente cambia de creciente a decreciente; este conjunto de puntos son llamados “puntos envolventes”, [5], [7], [8].

Se calcula la función total de tráfico limitado como:

$$A^*(t) = \min_{\forall ti} (\sigma_{ti} + \rho_{ti} ti) \quad (7)$$

Retardo Máximo (parámetro de Calidad de Servicio)

Con el fin de calcular la reserva del ancho de banda en la red se tiene en cuenta el retardo máximo entre emisor y receptor como parámetro de la calidad de servicio (ver tabla 1) [9].

El retardo máximo que experimentará la información al ser transmitida por la red está compuesto por un retardo determinado que depende de las características típicas de los elementos de la red y por un retardo de cola que se halla con los parámetros de la calidad de servicio y depende de \tilde{A} , \hat{A} y la tasa de transmisión que requiere la aplicación (R).

Tabla 1. Valores de retardo máximo recomendados.

Retardo (ms)	Calidad de servicio
0-150	Aceptable
150-400	Causa algún impacto
400 en adelante	Inaceptable

Según lo especificado en el RFC 2212 [1] el retardo emisor receptor está dado por

$$d = \frac{\sigma + Ct_{tot}}{R} + Dt_{tot} \quad (8)$$

Como se necesita la reserva en función del retardo máximo, de la ecuación anterior (8) se

despeja la reserva, así:

$$R = \frac{\sigma + C_{tot}}{d - D_{tot}} \quad (9)$$

Con lo anterior, se realiza un procedimiento para encontrar la reserva óptima.

Reserva Óptima

Se puede demostrar [8] que con los puntos envolventes, el modelo de tráfico simulado (“leaky bucket”) [4], [10] y la caracterización de la red la reserva óptima está dada por:

$$R = \frac{E^*(ti) + C_{tot}}{d - D_{tot} + it} \quad (10)$$

donde t_i es el tiempo del punto envolvente en el cual se cumple $R=r$

Monitoreo del CLR (parámetro de Calidad de servicio) durante la transmisión

Las fuentes de tráfico VBR ofrecen un flujo impredecible y muy variable como su nombre lo indica. Lo anterior no elimina la necesidad de garantizar una calidad de servicio determinada mientras que el video es transmitido a través de la red.

Por lo anterior, es necesario no sólo optimizar los recursos con los que se comenzará a transmitir datos a través de la red sino también ir acomodando dichos recursos dinámicamente para lograr cumplir con los parámetros de la QoS.

El parámetro de calidad de servicio que se tendrá en cuenta durante la transmisión para reasignar dinámicamente el ancho de banda es la tasa de pérdida de celdas (CLR) [9], [11], que está dada por:

$$CLR = \frac{CP}{CC} \quad (11)$$

donde CP son las celdas perdidas y CC son las celdas que llegaron al buffer en cierto intervalo de tiempo.

Los valores típicos del parámetro CLR se pueden ver en la tabla 2 [12].

Tabla 2. Valores de CLR recomendados

Tráfico	PCR (Mbps)	SCR (Mbps)	CLR
Voz	0.032	0.0112	10^{-2}
Video	1.6	3.85	$10^{-3} - 10^{-5}$

El modelo utilizado para asignar el ancho de banda durante la transmisión teniendo en cuenta el CLR se muestra en la figura 3.

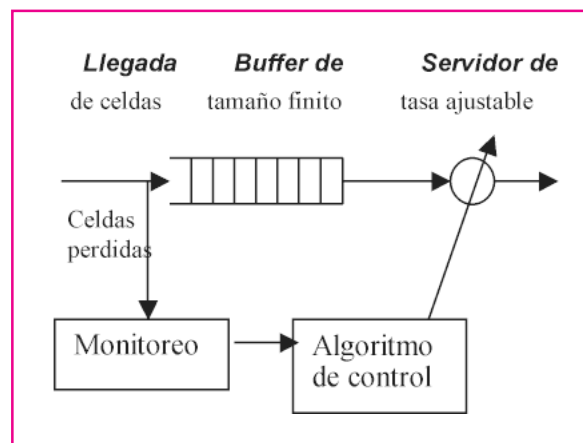


Figura 3. Asignación de recurso durante la Tx

RENEGOCIACIÓN DE RESERVA

Cuando existe una violación del parámetro de la calidad de servicio que se está monitoreando (CLR), se debe incrementar el ancho de banda de la red que se traduce en la tasa de servidor de la cola (r) ya que si este recurso está mal asignado se pierden más celdas en la transmisión.

La manera de renegociar ese ancho de banda es la siguiente:

$$\rho_{n+1} = \rho_n + K_n * \ln\left(\frac{CLR_c}{CLR_d}\right) \quad (12)$$

dónde r_n es el ancho de banda en el instante actual, K_n es la constante que amplifica o reduce el error para de la misma manera amplificar o disminuir el ancho de banda, CLR_c es la tasa de pérdida de celdas calculada y CLR_d es la tasa de pérdida de celdas deseada.

Ventajas del método off/on-line

En la actualidad la prestación de servicios en las redes existentes se lleva a cabo asignando un ancho de banda fijo perdiendo la posibilidad de compartir recursos con otras aplicaciones (desperdicio de recursos). Este método hace un seguimiento del tráfico previo y durante la transmisión, garantizando siempre el uso óptimo del recurso (ancho de banda) manteniendo la calidad de servicio.

Los administradores de red asignan un ancho de banda sin tener en cuenta el tipo de tráfico que se va a transmitir y en este método se parte de un ancho de banda óptimo que considera todas las características del tráfico a transmitir, minimizando el desperdicio de recursos.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Para el retardo máximo se tomará un valor dentro del rango el calificado como “aceptable” según la ITU [9] que es de 100 ms, la tasa de pérdida de celdas se toma un valor del rango típico recomendado por la ITU [9], [12] que es igual a 10^{-3} para video.

Las gráficas que se muestran a continuación son de la traza “Race” que corresponde a la categoría deportes, ya que es una carrera de fórmula 1.

Se hizo una comparación entre el método off/on-line y un método en el cual se comienza a transmitir con un ancho de banda arbitrario (figura 4), se puede ver que el método off/on-line es más eficiente en cuanto al uso de recursos.

Figura 5. Retardo máximo de RACE usando los métodos con ancho de banda inicial arbitrario (-) y off/on-line (*).

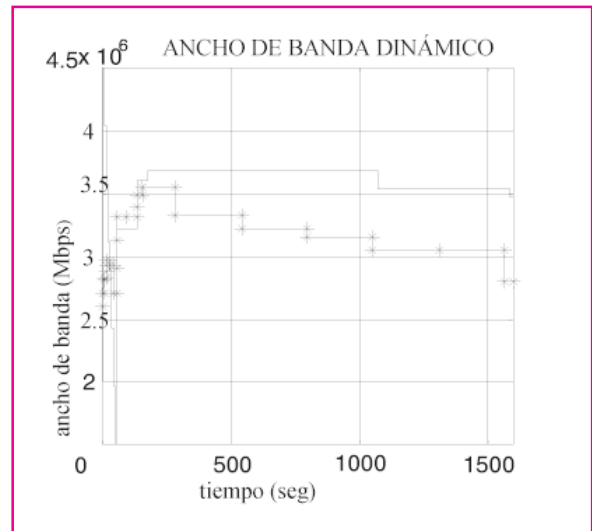
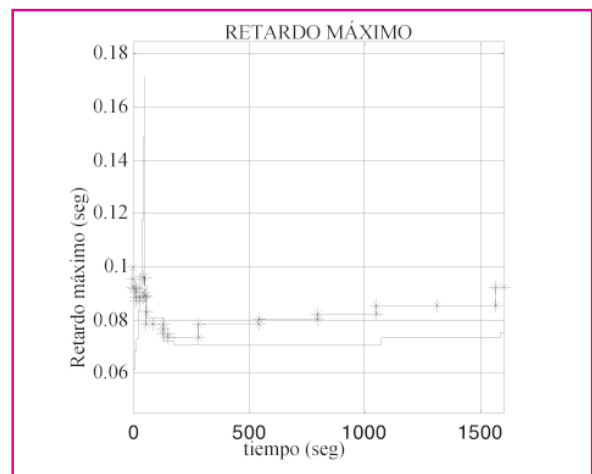


Figura 4. Asignación de ancho de banda para RACE usando los métodos con ancho de banda inicial arbitrario (-) y off/on-line (*).

En la figura 5 se puede ver el primer parámetro de calidad de servicio que se tuvo en cuenta que es el retardo máximo. Usando un ancho de banda inicial arbitrario (-), el retardo máximo, se sale por un intervalo de tiempo, del rango “aceptable”, mientras que con el método off/on-line (*) nunca se sale de este rango. Por último en la figura 6 se muestra la comparación del segundo parámetro de la calidad de servicio que es la tasa de pérdida de celdas. Se puede ver que el método con ancho de banda inicial arbitrario (-) tiene un pico de pérdida más alto que el off/on-line (*) y este último se estabiliza más rápido por debajo del valor de diseño.



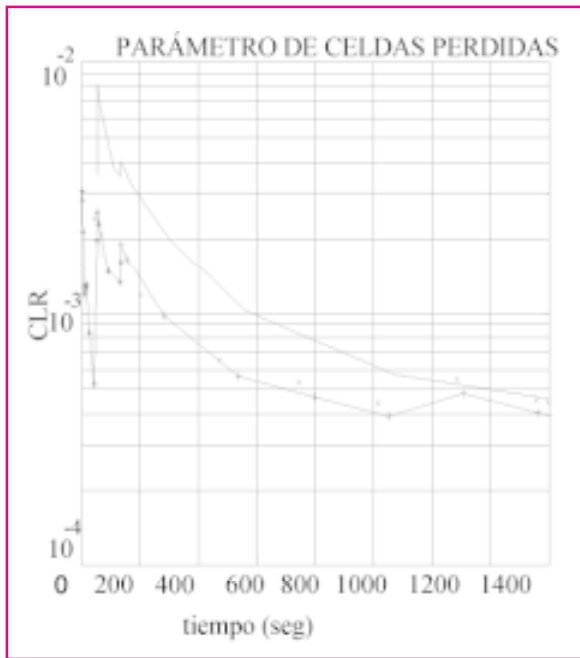


Figura 6. Parámetro CLR para RACE, ancho de banda inicial arbitrario (-), método off/on-line (*) (Gráfica logarítmica)

RESULTADOS DE VARIAS TRAZAS MPEG-I

En la tabla 3, se pueden apreciar los resultados comparativos de 15 trazas MPEG-I codificadas en [2].

Donde R_o es la reserva óptima calculada mediante la caracterización del tráfico, R es el número de renegociaciones de ancho de banda que tuvo que realizar cada uno de los métodos (ancho de banda inicial arbitrario: on-line y método off/on-line (off/on)), en estas dos columnas se puede ver que el método off/on-line realiza el mismo o menor número de renegociaciones que cuando se inicia con un ancho de banda arbitrario pero nunca supera las renegociaciones de este último.

En la tabla 3 también hay una columna donde se observa el ancho de banda (BW) promedio utilizado por cada uno de los métodos, también acá se puede ver que en la gran mayoría de las trazas en el método off/on-line utiliza menos recursos que aquel en el cual se inicia con un ancho de banda arbitrario.

Tabla 3. Resultados de 15 trazas MPEG-I

Película	Ro	R		Bw promedio		Bw libera
		On	Off/On	On	Off/on	
	Mbps			Mbps		%
Lambs	1.0	36	27	1.63	1.56	4.3
Dino	1.0	33	20	1.62	1.61	0.6
MTV	2.5	43	42	3	2.6	13.3
Advert	1.5	43	42	0.8	0.7	12.5
Soccer	2.4	25	24	3.2	2.8	12.5
Asterix	2.0	28	28	2.1	2	4.8
News	0.6	14	10	0.6	0.5	16.7
Star Wars	1.0	31	31	1.7	1.68	1.2
Movie2	1.3	34	23	2.59	1.97	23.9
Mr.Bean	1.7	49	40	2.4	2.2	8.3
Race	2.6	23	21	3.12	3.04	2.6
Simpsons	1.9	34	18	2.64	2.28	13.6
Superbowl	1.7	30	16	2.41	1.97	18.3
Talkshow1	0.9	20	13	1.84	1.8	2.2
Terminator	0.8	21	14	1.25	1	20.0

La última columna de la tabla 3 corresponde al porcentaje del ancho de banda (BW) liberado por el método off/on-line con respecto al método en el cual se inicia la transmisión con un ancho de banda arbitrario. Vale la pena anotar que todas las trazas hacen un uso eficiente del ancho de banda garantizando dos parámetros importantes de la calidad de servicio como son el retardo máximo entre emisor y receptor y la tasa de pérdida de celdas (CLR).

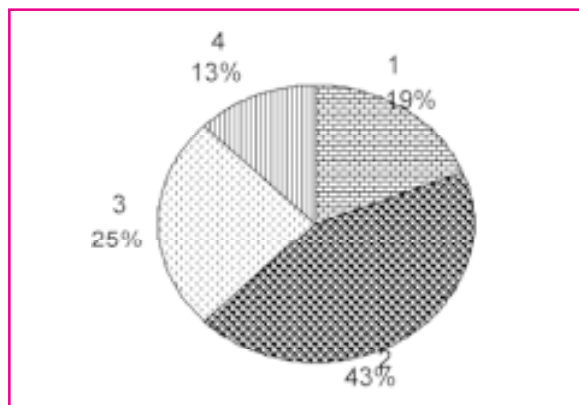


Figura 7. Clasificación de las trazas según su ancho de banda promedio para el método off/on-line.

Adicionalmente clasificamos las trazas de video según su ancho de banda promedio requerido, como se ve en la tabla 4, figura 7 para el método off/on-line.

Tabla 4. Clasificación del video según su ancho de banda promedio, método off/on-line

No.	BW (Mbps)	Películas
1	0-1	Advert, News, Terminator
2	1-2	Starwars, Talkshow1, Lambs, Dino, Movie2, Superbowl, Asterix
3	2-3	Mr.Bean, Simpsons, Mtv, Soccer, Asterix,
4	3-4	Race

Se comparó el ancho de banda promedio utilizado por los dos métodos por medio del histograma de la figura 8.

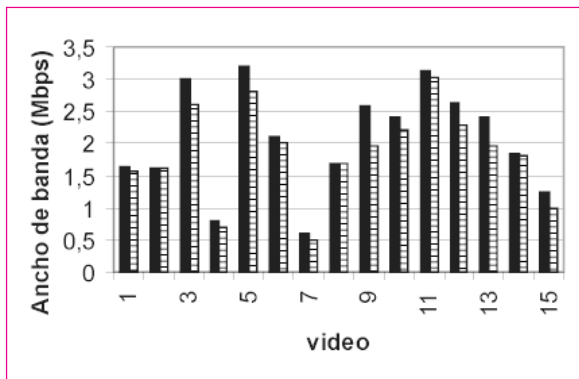


Figura 8. Histograma comparativo ancho de banda promedio con ancho de banda inicial arbitrario (barras negras) vs. off/on-line (barras blancas con líneas)

NUEVAS LINEAS DE TRABAJO

Hay un gran número de posibilidades en cuanto a los nuevos temas a profundizar a partir de estos resultados, algunos de ellos podrían ser:

Realizar un estudio estadístico de los puntos envolventes que permita clasificar los tipos de

archivos, por ejemplo sería posible distinguir entre una transmisión de un partido de fútbol o un noticiero según un patrón de puntos envolventes predeterminados.

El simulador se planteó bajo el esquema de una red con un nodo. Para futuras investigaciones se podría implementar para varios nodos en una red, se proponen dos alternativas:

- Aplicar el algoritmo de control en cada uno de los nodos independientemente dividiendo el parámetro de la QoS (CLR) en el número de nodos que tenga la red.
- Aplicar el algoritmo de control en el primer nodo y este controla el ancho de banda de los demás nodos.

Con el mismo esquema de trabajo se podría asignar un recurso de red diferente al ancho de banda teniendo en cuenta los parámetros de la QoS.

En esta investigación se asume que se hace sólo una transmisión a la vez, por lo que cuando la aplicación pide ancho de banda siempre se le otorgará. Teniendo en cuenta este planteamiento se propone considerar transmisiones simultáneas con algoritmos de renegociación simultáneos.

CONCLUSIONES

Se puede observar que el método off/on-line es más estable, ya que reduce el número de negociaciones en promedio en un 23% para cambiar ancho de banda.

El método off/on-line presenta resultados eficientes para las trazas de video MPEG-I, demostrándose así que funciona y puede mejorar el uso de los recursos en una red.

Comparando el ancho de banda promedio requerido por el método que inicia con un ancho de banda arbitrario, con el requerido por el método off/on-line, y se está ahorrando con este último entre 0.6% y 24% de ancho de ban-

da que se podría usar en transmisiones simultáneas.

Al comparar las estadísticas se observa que el ancho de banda promedio utilizado por los archivos de video disminuye en el método off/on-line con respecto al otro método.

Según el ancho de banda promedio utilizado se pueden clasificar los archivos de video de la siguiente manera (tabla 5).

Tabla 5. Categorías de las trazas según el ancho de banda promedio utilizado

Tipo de video	Cantidad de ancho de banda
Noticias y publicidad	Menos BW ↓ Más BW
Películas y entrevistas	
Dibujos animados y música	
Deportes	

REFERENCIAS

[1] Shenker, S. Partridge, C. & Guerin, R. 1997. RFC 2212: Specification of guaranteed quality of service. Network working group. category: standards track. Páginas 1-20.

[2] Rose, O. 1995. Trazas MPEG-I, disponibles gratis para investigación en <http://www-info3.informatik.uni-wuerzburg.de/MPEG/traces/>.

[3] Rose, O. 1995. Statistical properties of MPEG video traffic and their impact on traffic modeling in ATM Systems. University of Würzburg, Institute of compute science. research report series. Páginas 1-22. Alemania.

[4] Cruz, R. 1991. A calculus for network delay, part I: network elements in isolation. IEEE transactions on information theory. Volumen 37 número 1. Páginas 114-131.

[5] Knightly, E. Wrege, D. Liebeherr, & J. Zhang, H. 1994. Fundamental limits and tradeoffs of providing deterministic guarantees to VBR video traffic. Páginas 3-11.

[6] Liebeherr, J. & Wrege, D.E. 1996. Traffic characterization algorithms for VBR video in multimedia networks. ACM/ Springer multimedia systems journal. IEEE Infocom Conference. Páginas 4-12.

[7] Wrege, D.E. Knightly, E.W. Zhang H. & Liebeherr, J. 1996. Deterministic delay bounds for VBR video in packet-switching networks: fundamental limits and practical tradeoffs. IEEE/ACM Transactions on networking. Páginas 352-358.

[8] Hernández, E. 2001. Reserva eficiente de recursos en redes para transmisión en tiempo real. Páginas 1-96 y 161-172. Universidad Politécnica de Valencia, España.

[9] Recomendación ITU-T I.356. 2000. Calidad de servicio en la transferencia de celdas en la capa de ATM de la RDSI-BA. Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la ITU. Páginas 13-16.

[10] Turner, J.S. 1986. New Directions in Communications (or Which Way to the information age). IEEE Communications Magazine. Páginas 1-5.

[11] ATM Forum Technical Committee. 1999. Traffic Management Specification. Version 4.1. Páginas 1-119.

[12] Rampal, S. Reeves, D. & Viniotis Y. 1996. Dynamic Resource Allocation Based on Mesured QoS. Center for advanced computing and communication. North Carolina State University. Páginas 1-31. Raleigh. Estados Unidos.

[13] Fulp, E.W. & Reeves, D.S. 1997. On-line Dynamic Bandwidth Allocation. Proceedings of the IEEE International Conference on Network Protocols. Páginas 134-141, North Carolina State University. Estados Unidos.

[14] Langona, K. Carvalho, T.C. & Schweitzer, C.M. 2001. Quality of Service Control for rt-VBR Connections in ATM Networks. IEEE Conference on ATM and high speed intelligent internet symposium. Páginas 108-112.