

Simulación de un modelo de conformación de tráfico en un nodo RPR-MAN

Eduardo De la Cruz Gámez*, Félix F. Álvarez Paliza**

Resumen

Este trabajo se enfoca en la simulación y análisis de resultados de un modelo de red que implemente técnicas de servicios diferenciados a nivel capa MAC mediante el establecimiento de un conformador de tráfico (traffic shaping), tomando como referencia tecnologías de área metropolitana, tales como ATM, pero que en nuestro caso se han adecuado al nuevo protocolo de la IEEE 802.17, también conocido como Resilient Packet Ring, como un mecanismo propio que asegure la calidad de los servicios en la red metropolitana.

Palabras claves: Calidad del servicio, RPR, conformador de tráfico, equidad.

Abstrac

This paper focuses about the results of the simulation and analysis of a network model that it implements differentiated services techniques in the MAC layer using a Traffic Shaping model. We have used Metropolitan Area technologies like ATM as reference, but in our case we have adapted the new IEEE 802.17 protocol knows as Resilient Packet Ring as a mechanism that assures Quality of Services over the Metropolitan network.

Key words: Quality of service, RPR, traffic shaping, fairness.

Fecha de recepción: 11 de mayo de 2006
Fecha de aceptación: 12 de diciembre de 2006

* Ingeniero en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico de Acapulco. egamez@it-acapulco.edu.mx

Dirección: Etapa XV. Edificio 13, Depto 102, Infonavit Coloso, c.P. 39810. Acapulco, Gro., México.

** Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Central "Martha Abreu" de las Villas, Santa Clara, Cuba.

INTRODUCCIÓN

La red Metropolitana tradicionalmente se compone por topologías físicas de anillos duales; en la actualidad dos tecnologías, DWDM y SONET/SDH, son propuestas que han dominado este sector del mercado, pero que por desgracia no cuentan con la capacidad de compatibilidad necesaria para integrarse a una red Gigabit Ethernet, y de esta forma reducir costos de operación. En este punto es donde el nuevo protocolo RPR puede integrarse como un modelo económico de red de área metropolitana con soporte de transporte de tramas Gigabit Ethernet y que además establezca mecanismos de aseguramiento de calidad de los servicios de los cuales carece la red Ethernet.

Uno de los principales puntos que se debe considerar en la red de datos Metropolitana son las necesidades cualitativas de calidad de los servicios que desean obtener los usuarios finales. Aunado a esto, es deseable que también se cuente con la menor pérdida posible de tramas (*loss*), que la red presente una latencia mínima (*latency*) y un bajo promedio de latencia (*jitter*) asegurando un eficiente transporte de datos. Y por supuesto, que el enlace de comunicación se encuentre disponible en una medida razonable cuando éste sea requerido; de aquí nace la estrategia del uso de conformadores de tráfico (*traffic shapers*), los cuales son considerados una medida vital para el control de la congestión en una red de datos con escenarios de sobresaturación de tráfico [1].

Este trabajo se divide en tres partes. La primera parte aborda la teoría general del control de congestión haciendo hincapié en la técnica de conformación de tráfico. En la segunda se hace un análisis de la implementación de un sistema de conformación de tráfico en el protocolo IEEE 802.17. La tercera describe el desarrollo de un modelo de simulación de una red RPR-MAN mediante la herramienta OPNET, se establecen las condiciones de los experimentos y se realiza el análisis y comentario de los resultados obtenidos conforme al modelo de conformación de tráfico definido por nosotros.

Conformadores de tráfico

Un sistema de conformación de tráfico [2] es aquel que permite adecuar el tráfico de datos entrante que proviene de algún nodo de la red dándole un tratamiento especial llamado conformación de tráfico aceptado (también llamado adecuación de tráfico, *traffic shaping* (figura 1), y que permita de esta manera que las tramas sean reenviadas a través de la red de datos bajo las reglas de tráfico conforme. Si algún nodo reenvía tráfico sin haber pasado por algún método de conformación de tráfico, éste puede ser detectado como tráfico

no conformado (adecuado o aceptado de acuerdo a las reglas) en el borde de acceso a la red Metropolitana y ser sujeto a descarte.

Por lo tanto, es una excelente idea que los nodos den conformación al tráfico antes de que éste sea reenviado a la red metropolitana, y de esta forma asegurar que no se reenvíe ningún paquete que viole los parámetros de conformación de tráfico negociados mediante métricas CIR (*Committed Information Rate*) durante el establecimiento de una transmisión.

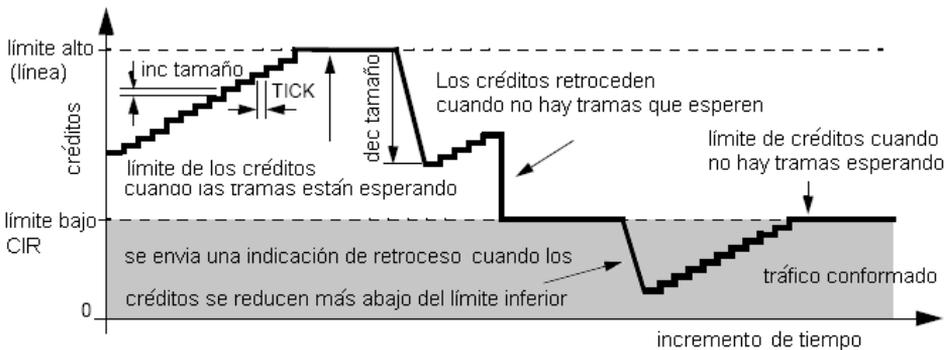


Figura 1. Gráfica de conformación de tráfico

Los conformadores de tráfico utilizan algoritmos Leaky-Bucket [3]. La principal función de la conformación del tráfico es suavizar (*smoothing*) cualquier ráfaga de tráfico en tránsito, y de esta forma adecuar el tráfico para que cumpla las especificaciones CIR; es decir, si hablamos de enlaces OC-12, entonces se especifica una tasa de límite alto de 622 Mbps (tasa de la velocidad de la línea) y la tasa CIR puede ser establecida en 175 Kbps para transmisiones de voz IP. Esta tasa CIR no debe de ser rebasada por el tráfico reenviado por nodo que establezca características de conformación de tráfico. Aunque los conformadores del tráfico descartan el tráfico en tránsito que viole los parámetros CIR, estos paquetes no son desechados sino que se guardan en un contenedor especial (*bucket*), y una vez ahí se adecua el tráfico de acuerdo con los parámetros CIR para poder ser reenviado sobre la red.

Estableciendo un conformador de tráfico en el protocolo IEEE Std 802.17

En esta sección haremos una breve descripción de la implementación de las opciones de conformación en el protocolo *Resilient Packet Ring*. Originalmente, el protocolo IEEE Std 802.17 o *Resilient Packet Ring (RPR)* [4] no recomienda ningún algoritmo de conformación de tráfico en particular, pero éste si sugiere

un mecanismo para el control de tasa de transmisión. El protocolo IEEE 802.17 define un modelo denominado máquina de estados de conformación de tráfico (*IdleShaper State Machine*) y describe una función de sincronización de tasa de transmisión opcional, la cual elimina la posibilidad de flujos excesivos en una cola de tránsito primaria al insertar un número variable de pequeñas tramas Idle (permisos o *tokens*) en el flujo de datos que se va a transmitir.

El protocolo RPR sugiere una función de sincronización de tasa de transmisión, la cual soporta enlaces PHYs con tolerancias de tiempo de reloj en la tasa de transmisión de datos de hasta ± 100 partes por millón (PPM). El conformador de trama Idle limita el tráfico proporcionado por la capa MAC, basándose en los siguientes parámetros:

Las tramas Idle son insertadas dentro de las tramas que se van a transmitir en una tasa conformada de tráfico (tramas aceptadas) equivalente al 0.05% de la tasa del enlace CIR (*lineRate*), el cual es expresado en bits por segundo. El valor de la tasa de enlace es convertido a bytes por segundo para ser usado en el cálculo del límite del umbral de aceptación de tramas.

La tasa de inserción de tramas Idle es controlada por el nivel (profundidad) de la cola de tránsito primaria (PTQ). Dado que la PTQ se llena, entonces el espacio libre se convierte en menor que el valor de umbral de tramas Idle (*IdleThershold*). En este umbral, la tasa de tramas Idle se reduce a un 0.025% de la tasa del enlace, expresada en bits por segundo. Al reducir las tramas Idle se incrementa la tasa de datos de transmisión no-Idle, lo cual eventualmente reduce la profundidad de la cola PTQ. El valor de la tasa de enlace es transformado a bytes por segundo para ser usado en el cálculo del límite del umbral de aceptación de tramas.

El protocolo 802.17 propone 8 diferentes tipos de tráfico: 0) *Best Effort*, 1) *Background*, 2) *Standar*, 3) *Excellent Effort*, 4) *Streaming Multimedia*, 5) *Interactive Multimedia*, 6) *Interactive Voice*, 7) *Reserved*. Pero además define dos clasificadores de conformación de tráfico saliente: *ClassAShaper* y *ClassBShaper* y un conformador de equidad elegible. Estos mecanismos son necesarios para proporcionar garantías de calidad de servicios (tabla 1).

El conformador de tráfico de clase A (*ClassAShaper*) establece valores por defecto denominados *hiLimitA0* y *hiLimitA1*, y son establecidos para preservar las más bajas garantías de retardo y retardo medio (*loss* y *jitter*) del tráfico MAC de extremo a extremo final de la red. Las siguientes ecuaciones definen el cálculo del límite máximo del umbral para la clase A:

$$hiLimtA0 = mtusize + addRateA0 * MAX_JITTER / 2$$

$$hiLimtA1 = mtusize + addRateA1 * MAX_JITTER / 2$$

$$MAX_JITTER = (numstations * (mtusize / lineRate)) / (addRateA0 / lineRate)$$

El conformador de tráfico de Clase B se establece para asignar tráfico dentro de un umbral CIR (Clase B-CIR), el cual lo acerca a una asignación de tráfico de tramas MAC en tiempo real de extremo a extremo final, pero que es menor al tiempo de atención de la clase A. Cualquier tasa de tráfico mayor a la asignación CIR es considerado tráfico de clase B de tasa de tráfico excedente (Clase B-EIR).

En el caso de la clase C, ésta es conocida como tráfico de Mejor Esfuerzo, y éste no es ni asignado ni tratado con garantías de calidad de los servicios.

Tabla 1
Clases de servicios soportados por el IEEE Std 802.17

CLASE DE SERVICIO			CALIDAD DE SERVICIO			
Nombre	Ejemplo de uso	Subclase	Garantía de ancho de banda	Retardo/jitter	Tipo de ancho de banda	Subtipo de ancho de banda
clase A	tiempo real	subclase A0	sí	bajo	asignado	Reservado
		subclase A1				reclamable
clase B	cercaño al tiempo real	clase B-CIR	sí	restricción	asignado	
		clase B-EIR	no	sin restricción	oportunista	
clase C	mejor esfuerzo	-----				

Simulación de un sistema de conformación de tráfico en el núcleo de una red RPR-MAN

En este trabajo se desarrolló el siguiente modelo de simulación: Una red RPR-MAN de 6 nodos interconectados mediante 4 enlaces de fibra óptica, cada nodo cuenta con 2 enlaces de ingreso y 2 enlaces de egreso (*inter ring*, *outer ring*) para transporte de tramas en direcciones contrarias (figura 2). Cada uno de los enlaces que unen a los nodos corresponde al tipo OC-12, por lo que el modelo soporta velocidades de transmisión de hasta 622 Mbps. La circunferencia total del anillo se consideró de 90 kms, la velocidad de propagación se establece a 2 milisegundos. El tipo de tráfico generado se establece con una distribución de probabilidad constante y una tasa de generación de paquetes de 175,000

por segundo. Para efectos de simular el transporte de tramas provenientes de una fuente Ethernet externa a la red RPR-MAN se consideró el tamaño de las tramas MAC-RPR en 1,500 bytes.

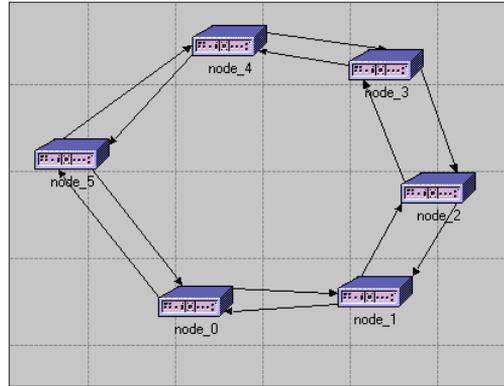


Figura 2. Nodos del modelo de simulación RPR

El modelo de simulación fue implementado utilizando la herramienta OPNET. Nos basamos en el Draft IEEE 802.17/D3.3 y en el modelo de simulación desarrollado por la Universidad de Carleton [5].

El escenario de nuestras simulaciones corresponde a tres casos típicos que se pueden encontrar en un sistema de comunicaciones: Un nodo con los parámetros de conformación habilitados (**nodo 4**), un nodo con los parámetros de conformación deshabilitados (**nodo 5**), y un nodo con los parámetros de conformación habilitados (**nodo 3**), pero el tamaño de las colas de conformación de tráfico son menores a los del caso del nodo 4. En las tablas 2 y 3 se resumen las características establecidas en el conformador de tráfico en los nodos del modelo de simulación. Todos los nodos se configuraron para trabajar en modo conservativo para el algoritmo de equidad RPR (RPR *fairness* [6]) (figura 3).

Tabla 2
Características RPR de los nodos 3, 4 y 5

Nodo	Método de Conformación	Algoritmo de Equidad	Umbral de ToS Medio	Umbral de ToS Alto
5	Rate based	Conservative	streaming multimedia	Streaming multimedia
4	Sharper based	Conservative	streaming multimedia	Interactive Voice
3	Sharper based	Conservative	streaming multimedia	Interactive Voice

Tabla 3
Tamaño de las colas en Kbps de los nodos 5, 4 y 3

Nodo	Low Prio Transit Buffer	HighPrio Transit Buffer	Low Prio Transmit Buffer	High Prio Transmit Buffer	Med Prio Transmit Buffer
5	0	32	256	128	128
4	0	32	256	128	128
3	0	32	32	64	128

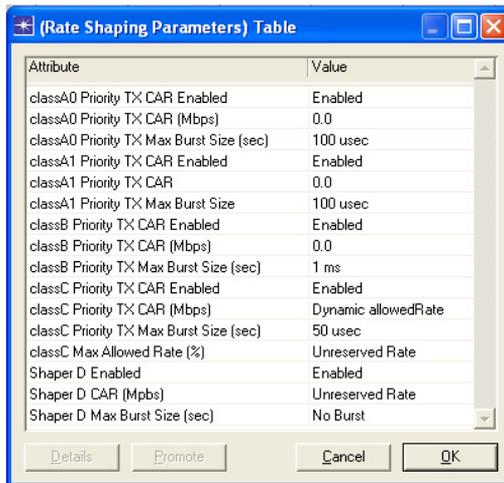


Figura 3. Parámetros de configuración del conformador en el nodo 4

Resultados numéricos obtenidos y análisis

Nuestro modelo de red [7] se estableció para una duración de la simulación de 5 segundos, se configuraron las opciones de recolección de datos estadísticos para los casos de congestión, carga de tráfico y tráfico reenviado en cada uno de los 3 nodos que se modelaron. Los datos estadísticos de reenvío son tomados del anillo de salida (*outer ring*) que se configura en cada uno de los nodos.

Como se esperaba, el nodo 4, en el cual se establecieron en activo los parámetros de conformación de tráfico, presenta un desempeño excelente en el tratamiento de la conformación de tráfico en comparación con los pobres resultados entregados por el nodo 5, el cual no tiene habilitado ningún mecanismo de conformación de tráfico. El nodo 3 también cuenta con mecanismos de conformación de tráfico habilitados, pero su desempeño en el control es

menor, ya que el tráfico de reenvío es mucho mayor comparado con la carga media de tráfico en el nodo 4.

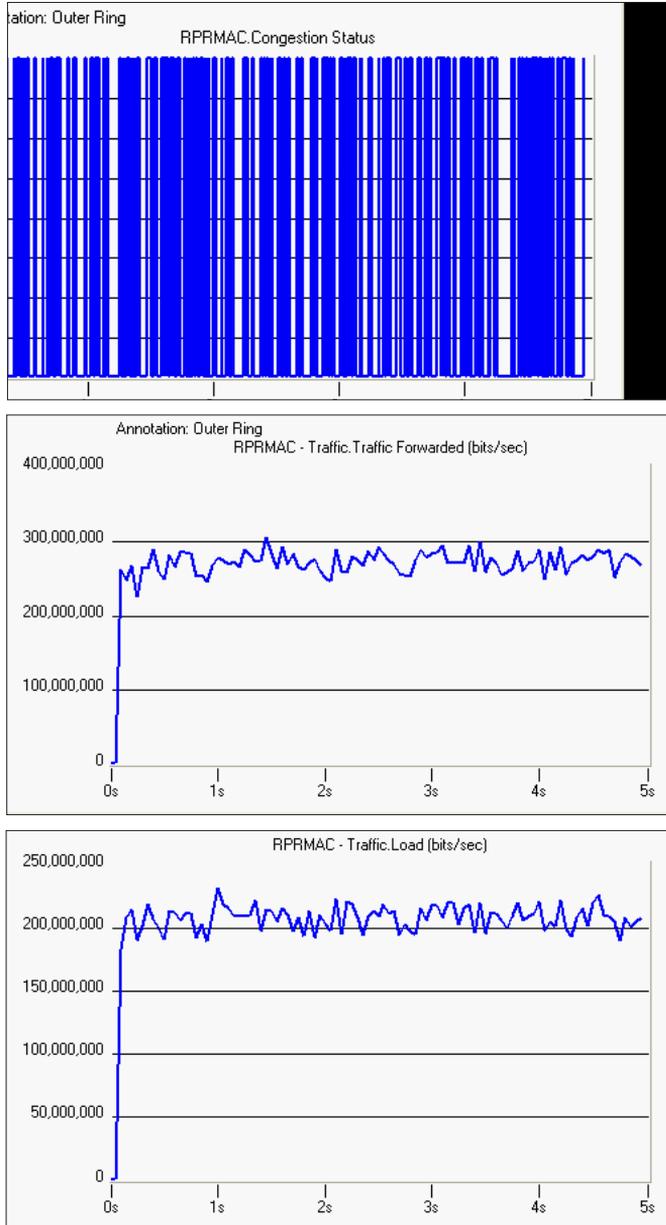


Figura 4. Graficas de desempeño del nodo 4

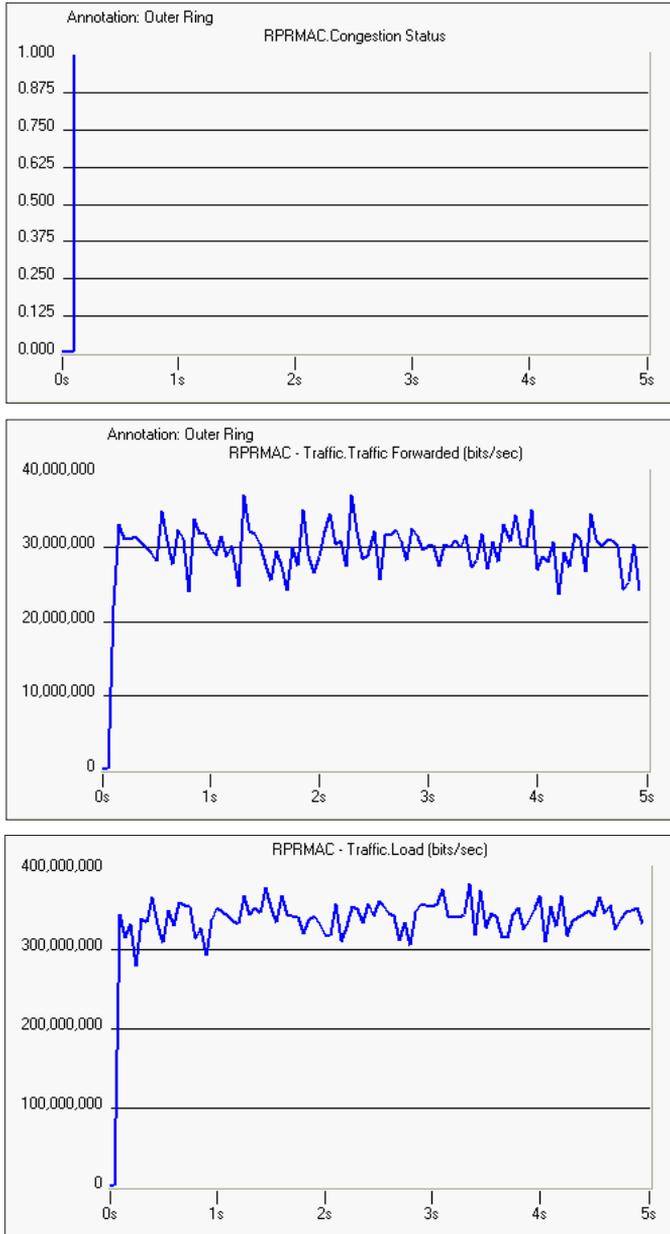


Figura 5. Gráficas de desempeño del nodo 5

Para el caso del nodo 4 se presentan tres gráficos de desempeño (figura 4 de la página 179), se monitorea el estado de congestión del enlace de salida (*outer ring*). La gráfica muestra una congestión del 100% inmediatamente en

casi todo el período de los 5 segundos que dura la corrida de simulación. La gráfica de carga de tráfico del nodo nos muestra tasas medias de tráfico de 275, 000, 000 bytes por segundo debido al tráfico generado que corresponde al tipo *streaming multimedia* e *interactive voice*. Al comparar estas tasas con los valores del tráfico de reenvío del nodo se aprecian mediciones de tasa de 35, 000, 000 bytes por segundo, por lo que se determina que a pesar de tener una carga del 100%, el conformador es capaz de reenviar tráfico dentro de sus parámetros establecidos con un rendimiento extra del 10%, dado que el mismo nodo 3 se configuró para que también generara tráfico de datos local y fuera tratado de igual forma que el tráfico entrante al nodo.

En el caso del nodo 5, el cual no tiene habilitada la opción de conformación de tráfico, se aprecia una congestión inmediata del 100% al momento de ejecutar la simulación del modelo, y éste deja sin utilizar el anillo durante el período de los cuatro segundos restantes; debido al alto volumen de paquetes que se generaron y al no contar con reglas de conformación de tráfico (QoS), éste se satura y torna deficiente su desempeño. En la gráfica de carga del nodo se observa una tasa de 40, 000, 000 bytes por segundo, casi inmediatamente al correr la simulación; estas tasas se obtienen debido a que los paquetes generados deben de tener tanto en su umbral bajo como en el alto características de tráfico *streaming multimedia*. Al recolectar datos de las tasas de tráfico reenviado se observa que el rendimiento del nodo es pobre, ya que se obtienen valores medios de 4, 000, 000 bytes por segundo, que si se comparan con los valores del tráfico de entrada, se concluye que el escenario arroja una utilización del 10%, en comparación con el 110% arrojado por el nodo 4. Figura 5 de la página 180.

Por último, tenemos al nodo 3, el cual cuenta con el mecanismo de conformación de tráfico habilitado pero con los valores de los tamaños de los contenedores de paquetes con magnitudes menores que con los que cuenta el nodo 4 (tabla 3, valores de las colas). Su desempeño en el control de la congestión es muy similar al del nodo 4 con un 100% durante casi todo el período de duración de la simulación. En el caso de la carga de tráfico se obtienen valores medios de tasa de hasta 20, 000, 000 bytes por segundo debido al tipo de tráfico *streaming multimedia* e *interactive voice*. En el caso de las mediciones del tráfico reenviado se obtienen valores medios de 43,750,000 bytes por segundo, que comparado con la carga de trabajo se deduce una utilización mayor al 100%. Este incremento en el desempeño se obtiene por el hecho de variar en un menor tamaño a la capacidad de los contenedores, lo cual mejora notablemente el tratamiento del tráfico en tránsito del modelo de red (figura 6).

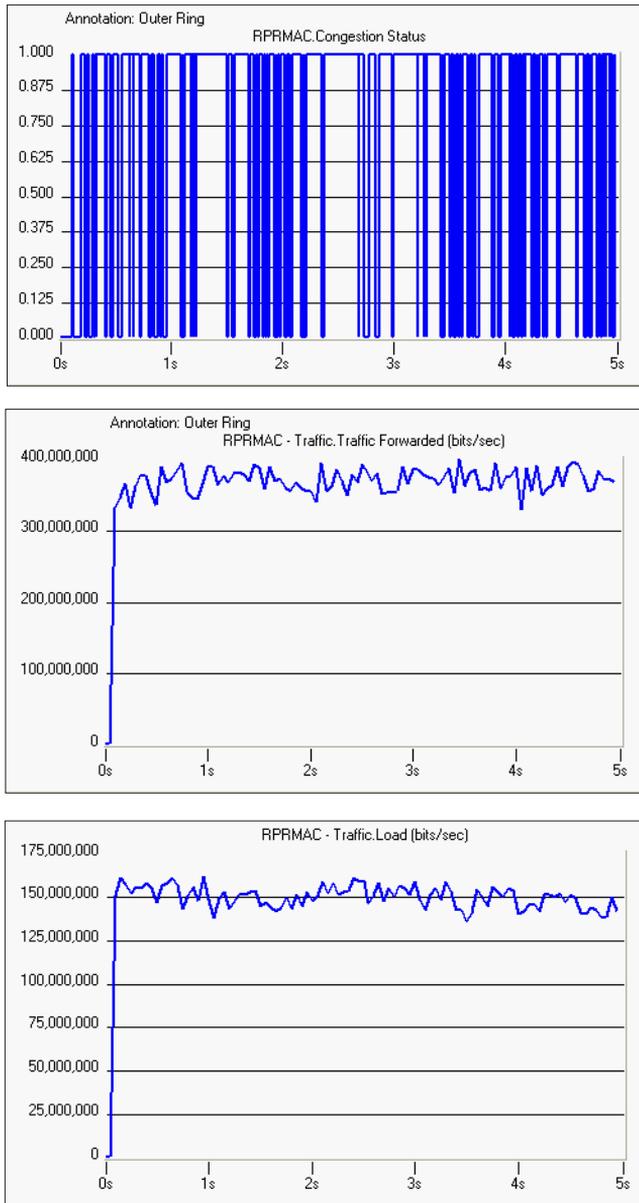


Figura 6. Gráfica de desempeño del nodo 3

CONCLUSIONES

Dado los resultados obtenidos por las corridas de simulación, se concluye que la utilización de conformadores de tráfico es una estrategia necesaria para el establecimiento de calidad de los servicios en sistemas de transporte de altas prestaciones. Nosotros encontramos que la utilización de las disciplinas de encolado en los conformadores de tráfico permitió un desempeño de más del 110 % en el escenario del nodo 4, y un resultado notable fue el que se obtuvo al decrementar la variable del tamaño de las colas de los contenedores en el algoritmo de conformación en el nodo 3 y que permitió aumentar el desempeño en el reenvío de tramas a un porcentaje mayor al 100% de su capacidad regular.

Finalmente se ha demostrado que el empleo de mecanismos de control de congestión (conformadores de tráfico) puede dar como resultado una asignación de recursos (ancho de banda) mucho más equitativa y eficiente y, por ende, reducir el tiempo promedio de retardo aumentando el desempeño y eficiencia de la red RPR-MAN.

REFERENCIAS

- [1] SZINGETI, T. *End-to-end QoS Network Design*, Cisco Press, 2005.
- [2] JHA, S. *Engineering Internet QoS*, Artech House 2002, p. 39.
- [3] STALLINGS, W. *High Speed Networks and Internets, Performance and Quality of Service*, 2ª edición, Prentice Hall, 2002.
- [4] IEEE STANDARD 802.17-2004, Resilient Packet Ring, 24 de junio de 2004. Disponible en: <http://IEEE802.org>
- [5] YAN F., R. *et al.* Carleton P802.17/D3.0 RPR OPNET Model, User Guide, Revisión 2004-03-17, Carleton University.
- [6] DAVIK, F. *et al.* *Improvement of Resilient Packe Ring Fairness*. Disponible en: <http://heim.ifi.uio.no/~steing/papers/globecomm2005.pdf>, Enero 2004
- [7] IEEE 802.17 Working Group, Guidance for IEEE 802.17 RPR Performance Simulations. Disponible en: http://www.IEEE802.org/17/performance_committe.html, noviembre de 2001.