

Estrategias para el control de la congestión en el servicio ABR de ATM

Gloria Esperanza
Becerra

Carolina Jerez
Romero

Victor Manuel
Plazas R.

RESUMEN

La congestión es uno de problemas que más perciben los usuarios finales de los servicios de red, esto justifica la importancia de implementar mecanismos que contrarresten esta situación.

Este artículo realiza una breve descripción del concepto de congestión, posteriormente se presentan las metas que se pretenden conseguir al diseñar e implementar mecanismos de control de congestión en redes y se presentan los proyectos más representativos en el control de la congestión en el servicio ABR (Available Bit Rate, Tasa de Bits Disponible) de ATM (Asynchronous Transfer Mode); finalmente se hace un análisis de estas alternativas, se resume el aporte realizado por nuestra investigación y se presentan algunas conclusiones que contribuyen en el trabajo que, en el futuro, se realice en este campo.

Palabras Clave: Redes, Congestión, ATM, Calidad de Servicio, Servicio ABR, Algoritmos

ESTRATEGIES FOR CONGESTION CONTROL IN ABR SERVICE ON ATM

ABSTRACT

Congestion is a problem for final users of network services, this fact is a good justification to work in congestion control mechanism. This article is a short description of congestion and it presents the goals to achieve in designing and implementation of network congestion control, especially in ATM ABR service. Finally and overview of alternatives is presented, and some conclusions are presented about our work.

Key Words: Networks, Congestion, ATM, Quality of Service, ABR Service, Algorithms

INTRODUCCION

Una de las tecnologías que se está implantando fuertemente en el campo de las telecomunicaciones, por la excelente propuesta que presenta para la transmisión de voz, datos y video de forma dinámica y simultánea, es la tecnología del Modo de Transferencia Asíncrono o ATM. La mayoría de las empresas ven a ATM como una muy buena tecnología para sus redes corporativas, la cual ofrece los mejores beneficios en los servicios que necesitan un substancial ancho de banda (video y voz), así como una gran velocidad de transmisión. Sin embargo, las exigencias del tráfico actual son muy estrictas y servicios como el ABR, utilizado para la transmisión de datos, no son ajenos al problema de la congestión.

En el mundo se han realizado investigaciones que han arrojado varias propuestas, algoritmos de características diversas, que se encargan de controlar este problema, ya sea previniéndolo o corrigiéndolo.

El presente artículo es un reporte parcial de la investigación titulada "ALGORITMO PARA EL CONTROL DE LA CONGESTION EN EL SERVICIO ABR DE ATM", se muestra un análisis realizado a varias de las propuestas que a nuestro criterio son las más significativas, extrayendo de ellas los aportes más interesantes hechos en este aspecto.

Iniciamos presentando los conceptos necesarios para su comprensión y continuamos con la presentación y el análisis de los proyectos. Exponemos una parte de nuestro aporte en este campo, para llegar a una serie de conclusiones que aporten en el desarrollo de nuevas investigaciones sobre esta tecnología.

1. CONGESTION: CONCEPTOS BASICOS

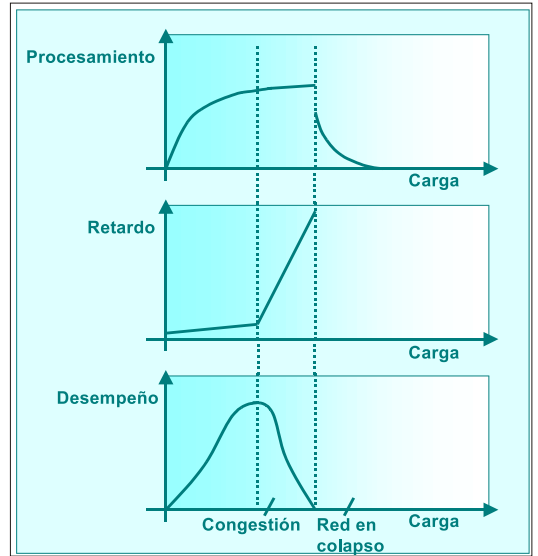
La congestión en una red de conmutación de paquetes - como es ATM - es un estado en el que el desempeño de la red se degrada debido a la saturación de recursos de la misma. A consecuencia de lo cual se presentan largos retrasos en la entrega de celdas, desgaste de los recursos del sistema, y una posible caída de la red.

En una red ATM, los recursos son compartidos entre todos los nodos de la misma, incluso los procesadores del conmutador, los canales de comunicación y los espacios de buffer. Estos tres aspectos indispensables en el transporte de los datos se pueden constituir en potenciales causas de congestión. Cualquier recurso físico en la red tiene una capacidad finita, y debe compartirse entre las diferentes conexiones. Por consiguiente, sería inevitable la congestión si los recursos en la red no pueden atender todas las demandas actuales de los usuarios.

En la figura 1 se muestra la relación carga/procesamiento y su evolución hasta el estado de congestión; cuando la carga es pequeña, el procesamiento de la red generalmente se mantiene con el incremento de la carga, hasta un punto máximo, donde el incremento del procesamiento se vuelve mucho más lento que el incremento de la carga. Si la carga sigue aumentando hasta la capacidad de la red, las colas en los nodos de conmutación se crearán o aumentarán, y potencialmente puede comenzar a desechar celdas; el procesamiento llegará a su máximo y entonces disminuirá a un valor bajo, posiblemente cero.

Las figuras 1b y 1c ilustran las relaciones entre el retardo de un ciclo de ida y vuelta, y la disponibilidad de recursos con respecto a la carga ofrecida. La curva de retardo (o tiempo de respuesta) sigue un modelo similar a la curva del procesamiento. Inicialmente, el tiempo de respuesta se incrementa lentamente con la carga debido al rápido incremento del procesamiento. Entonces el punto máximo es alcanzado, la curva del retardo salta significativamente mientras el procesamiento se mantiene estable. Finalmente, el retardo crece indefinidamente cuando la red se congestiona [1].

Para mantener una red siempre en condiciones estables de funcionamiento, ciertas medidas o mecanismos tienen que ser previstas para impedir



Fuente: IEEE Network Magazine.

Figura 1. Desempeño de la red vs Carga ofrecida de tráfico.

a la red operar en la región congestionada por cualquier período significativo de tiempo. Tales mecanismos conforman el concepto de control de congestión en redes.

Hay dos conjuntos de mecanismos para manejar la congestión. Mecanismos de control de congestión, los cuales son empleados luego que la red ha sido sobrecargada y mecanismos para evitar la congestión que se ejecutan antes que la red sea sobrecargada. La "Administración de Congestión" es un término denotado para la combinación de ambos mecanismos

Una red ATM debe desarrollar las siguientes funciones para lograr un eficiente control de congestión:

- Desempeñar un conjunto de acciones llamadas CAC (Control de Admisión de Conexión) [2], durante un establecimiento de llamada para determinar si una conexión de usuario será aceptada o rechazada.
- Establecer controles que monitoreen y regulen el tráfico en la UNI (Interfaz Usuario Red); éstas acciones son llamadas UPC (Control de Parámetros de Uso).
- Aceptar entradas de usuario para establecer prioridades para distintos tipos de tráfico, a través del uso del bit CLP (Prioridad de Pérdida de Celdas).
- Establecer mecanismos de fraccionamiento del tráfico para obtener una meta establecida para administrar todo el tráfico (con

Ciertas medidas o mecanismos tienen que ser previstas para impedir a la red operar en la región congestionada por cualquier período significativo de tiempo.

diferentes características) en la UNI (Interface Usuario Red).

2. METAS PERSEGUIDAS POR LOS NUEVOS PROYECTOS DE CONTROL DE CONGESTION

Existen metas que se deben tener en cuenta al momento de desarrollar un nuevo proyecto de control de congestión, estas son: [3].

• *Utilización*

Se espera maximizar la utilización de los recursos. La capacidad del enlace es potencialmente compartida por varios servicios; en este caso, el algoritmo de control de congestión controla únicamente el servicio ABR, por lo que busca maximizar la utilización ABR.

• *Retardo de cola*

Complementaria a la meta anterior se tiene que cumplir con una longitud de cola apropiada en el momento del embotellamiento. La combinación de las metas de utilización y retardo de cola son utilizadas para evitar la congestión. El objetivo es mantener una alta velocidad media de atención de la cola, el tamaño promedio de cola pequeño y prevenir que los retardos de cola tiendan a infinito.

• *Equidad*

Asigna el porcentaje de recursos de forma justa. Utilizando mecanismos que permitan contrarrestar la fluctuación presentada por ABR al trabajar con los recursos disponibles del total de lo real.

• *Estabilidad y Desempeño transitorio*

La estabilidad corresponde a la capacidad de tender al estado seguro y el desempeño es la velocidad de recuperación del estado seguro.

• *Robustez*

Si el proyecto se ve forzado a estados extremos este debe responder sin llegar a situaciones extremas como longitudes de cola infinitas o baja utilización promedio.

3. MECANISMOS PROPUESTOS PARA EL CONTROL DE LA CONGESTION

Con base en estos conceptos se pueden exponer los mecanismos más significativos, orientados hacia el control de la congestión en el servicio

ABR de ATM, los cuales evidentemente tienen en cuenta todas las características inherentes a esta tecnología.

• *Administración Rápida de Recursos*

Utiliza celdas RM (Resource Management Administración de Recursos) para administrar los recursos de la red; por medio de estas se reserva el ancho de banda necesario para realizar las transmisiones. El principal inconveniente es el estado ocioso que presenta la red mientras espera la confirmación para realizar la transmisión; este se solucionó en una versión posterior, en la cual se envía la ráfaga de celdas de información tras la celda RM, pero cuando no se puede establecer la conexión se desechan todas las celdas [4].

• *Control de Rata Basado en Retardo*

Este mecanismo monitorea desde los orígenes los retardos de transmisión para periódicamente enviar celdas RM que contienen límites máximos de tiempo para recibir la confirmación de recepción de las celdas por parte del destino. El origen usa los límites de tiempo para medir el retardo de cada celda y deducir el nivel de congestión. [5]

• *Notificación Explícita de Congestión hacia atrás (BECN)*

En este mecanismo los conmutadores monitorean su longitud de cola y envían una celda RM de regreso al origen en caso de congestión. Los orígenes, al recibir esta notificación, reducen sus velocidades de transmisión a la mitad. Si ninguna notificación es recibida al final del período de tiempo establecido, la velocidad de transmisión es doblada una vez cada período hasta alcanzar la velocidad máxima preestablecida. Para garantizar equidad, el período de tiempo se hace proporcional a las transmisiones con menor retardo. [6]

• *Descarte Temprano de Paquetes*

Este mecanismo controla paquetes (un paquete contiene varias celdas); cuando la red detecta congestión, se desechan paquetes de información en lugar de desechar celdas aleatoriamente de diferentes paquetes. De esta forma se trata de dar una solución pronta al problema de la congestión incurriendo en grandes pérdidas de información. [7]

- Cola Justa con Retroalimentación de Capacidad de Buffer y Velocidad de Transmisión

Los orígenes envían periódicamente celdas RM para determinar el ancho de banda necesario y la capacidad de buffer usada en los puntos de posible embotellamiento para cada camino de transmisión. El destino toma el mínimo de ancho de banda y la máxima longitud de cola y envía estos datos en una celda RM al origen. De esta forma pretende evitar una posible congestión en estos puntos críticos. [8]

- Enfoque Basado en Crédito

Se asignan créditos a cada canal de transmisión, para dar prioridades de envío de celdas. Los créditos se calculan, de acuerdo, con la longitud de la cola y el número de celdas que se pueden transmitir a través del canal. Posteriormente se desarrolló una mejora a esta propuesta que consiste en un algoritmo de resincronización de los créditos para evitar su pérdida, manteniendo un conteo de celdas enviadas y recibidas tanto en orígenes como en destinos e intercambiando estos conteos en busca de inconsistencias. [9]

- Enfoque Basado en Rata

En esta propuesta, los conmutadores de la red son quienes se encargan de monitorear la congestión, cuando esto sucede envían una celda RM para que el origen reduzca su velocidad de transmisión. Si luego de un periodo de tiempo no se ha recibido notificación de congestión el origen aumenta en forma aditiva su velocidad de transmisión hasta el máximo establecido. De lo contrario lo reduce en forma multiplicativa. [10]

4. OBSERVACIONES

El mecanismo de *Administración Rápida de Recursos* aprovecha las celdas RM para asignar dinámicamente el ancho de banda en la red, con la desventaja de pérdida de tiempo en el establecimiento de la conexión; el método de transmisión inmediata soluciona este problema pero ocasiona desperdicio de ancho de banda y de celdas de información.

El *Control de Velocidad Basado en Retardo* tiene la ventaja de poderse utilizar en redes con segmentos no ATM gracias a la retroalimentación no explícita indicada por la confrontación del tiempo entre celdas; sin embargo pueden perderse dichas celdas de retroalimentación y empeorar la

congestión.

La *Notificación hacia atrás de Congestión Explícita* (BECN) hace un aporte significativo en cuanto a la utilización de las celdas RM en un solo sentido, pues no congestiona el envío de celda de información. Sin embargo no es conveniente por la forma como maneja la asignación de ancho de banda luego de recibir una celda RM, pues no es equitativa.

El *Descarte Temprano de Paquetes* presenta una solución práctica a la congestión, sin embargo subestima la calidad de servicio, al utilizar sólo el desecho de paquetes como alternativa de control.

El mecanismo de *Cola Justa con Retroalimentación de Buffer y Velocidad de Transmisión* usa las celdas RM tanto para calcular longitudes de cola como anchos de banda, de esta forma se pueden hacer cálculos de asignación más eficientes y equitativos. Sin embargo, la pérdida de celdas RM puede volver inestable el sistema.

El *Enfoque Basado en Crédito* presenta una alternativa diferente a las anteriores; el cálculo de créditos es una alternativa interesante para la asignación del ancho de banda sin la utilización de celdas RM, pero también puede volverse inestable, ante la pérdida de los créditos, asignando erróneamente ancho de banda y degradando el desempeño transitorio.

El *Enfoque Basado en Velocidad* contribuye en cuanto a la implementación de la retroalimentación, introduciéndole el concepto de selectividad, que aporta en administración dinámica del tráfico y por ende al control de la congestión. No obstante, es muy complejo computacionalmente.

5. APORTES

Teniendo en cuenta el análisis realizado por el Dr. Raj Jain en la Universidad de Ohio [6]; retomamos y complementamos cada uno de los mecanismos de Control de Congestión y definimos los objetivos de nuestro proyecto. Así podemos presentar, de forma general, el diagrama que modela el funcionamiento de un algoritmo diseñado por nosotros, tomando como base lo anterior.

La figura 2 nos muestra el procedimiento que se sigue cuando termina un intervalo de tiempo determinado para monitorear el tráfico de la red:

El Enfoque Basado en Velocidad contribuye en cuanto a la implementación de la retroalimentación, introduciéndole el concepto de selectividad

en ese momento se envía la celda FRM (Forward Resource Management Gestión de Recursos hacia adelante), que indica el inicio del nuevo intervalo, y se define si se recibe la realimentación o no, determinada por la celda BRM (Backward Resource Management Gestión de Recursos hacia atrás).

Dependiendo de esto se sigue la alternativa que circunscribe la condicional en ese punto; luego continua con dos condicionales anilladas las cuales presentan una de sus alternativas como peligrosa, representadas por cuadros redondeados rellenos de color verde, para el futuro comportamiento de la red, debido a que se presentan síntomas de una presunta congestión.

Si el intervalo finaliza de manera normal y según lo esperado se llevará a cabo la reasignación de la velocidad de transmisión para el Circuito Virtual, es decir se establecerá un nuevo valor para la ACR (Allowed Cell Rate Velocidad Permitida de Celdas).

De manera detallada, el procedimiento que se sigue cuando el algoritmo encuentra una situación de cuidado, es el siguiente:

En el instante que el algoritmo encuentra una situación poco clara sobre el estado de la red, se presentan tres alternativas a tomar:

Primera, se puede reducir la ACR, según el procedimiento definido en la columna central del grafo.

Segunda, se puede desechar celdas que presenten baja prioridad de transmisión, es decir que tengan activo el bit de la cabecera de la celda.

Finalmente y que no esta representada en el grafo, es determinar una nueva conexión para la transmisión debido a que el Circuito Virtual actual no brinda las condiciones para seguir transmitiendo a través de él.

Como se puede observar tomamos bastantes elementos del algoritmo basado en rata y adaptamos el mecanismo de retroalimentación usando celdas de realimentación de tal forma, que se haga un mejor aprovechamiento de las mismas.

Actualmente se están tomando muestras en algunas redes ATM que presentan congestión; se

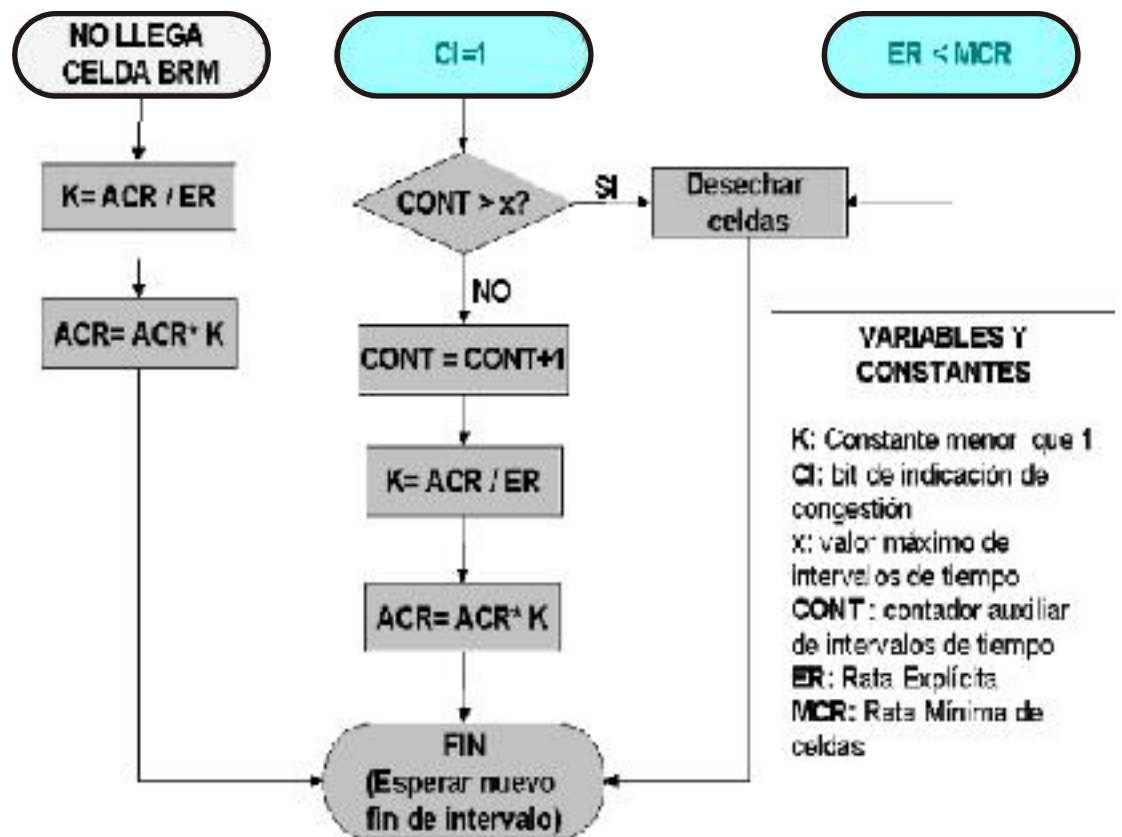


Figura 2. Nuestra propuesta en diagrama de bloques.

analizan y se obtiene una caracterización del comportamiento de la congestión en ABR. Posteriormente se simulan en COMNET III las situaciones de congestión incluyendo los mecanismos para el control presentados en la figura 2. Los resultados de esta simulación serán presentados posteriormente.

6. CONCLUSIONES

Como producto de nuestras observaciones y del trabajo realizado en este campo concluimos que:

- La utilización de celdas de retroalimentación es el mecanismo más usado en las propuestas para el control de congestión, ya que éstas brindan información acerca del estado más reciente de la red, sin embargo, es necesario implementar mecanismos adicionales, que entren a actuar en caso de posibles pérdidas y le den robustez a las estrategias.
- Se ha logrado equidad en la administración de recursos incluso en estados críticos de tráfico y un control efectivo en las longitudes de cola en los buffers.
- El desecho de celdas no se debe descartar totalmente como mecanismo para contrarrestar la congestión; sin embargo debe utilizarse solo como alternativa de corrección y no como mecanismo primario de prevención.

Este artículo no pretende exponer en extensión la congestión en redes ATM, mostramos las alternativas y presentamos recomendaciones.

BIBLIOGRAFIA

- [1] YANG, C. *Et al.* A Taxonomy for Congestion Control Algorithms in Packet Switching Networks. *IEEE Network Magazine*, Volumen 9, Número 5, Julio/Agosto 1995.
- [2] JAIN, R. *ATM Traffic Management Specification Version 4.1.* *ATM Forum*. Marzo de 1999. 127 p.
- [3] JAIN, R. *Et al.* The ERICA Switch Algorithm for ABR Traffic Management in ATM Networks. *The Ohio State University* Agosto 1996. 32 p.
- [4] BOYER, P. *Et al.* A Reservation Principle with Applications to the ATM Traffic Control. *Computer Networks and ISDN Systems*. Volumen 24 1992. 35 p.

- [5] JAIN R. *A Delay-Based Approach for Congestion Avoidance in Interconnected Heterogeneous Computer Networks.* *Computer Communications Review*. Volumen 19, Número 5. Octubre 1989. p 71
- [6] NEWMAN, P. *Et al.* BECN Congestion Control. *ATM Forum*. Julio 1993.
- [7] RAMAKRISHMAN, K. *Et al.* Preliminary Simulation Result of Hop-by-hop/VC Flow Control and Early Packet Discard. *ATM Forum*. Marzo 1994
- [8] JAIN, R. *Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent advances and A Survey.* *The Ohio State University* Agosto 1996. 26 p.
- [9] KALYANARAMAN, S. *Traffic Management for the Available Bit Rate (ABR) Service in Asynchronous Transfer Mode (ATM) Networks.* *The Ohio State University* 1997.
- [10] www.cis.ohio-state.edu/~jain

.....

Gloria Esperanza Becerra Forigua.

Ingeniera de Sistemas y Especialista en Informática Industrial Universidad Distrital. Estudiante del Doctorado en Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad Politécnica de Valencia, España. Investigadora Principal del Grupo de Investigación en Interconexión de Redes ATM - GIIRA. Profesora Facultad de Ingeniería Universidad Distrital. gatm@udistrital.edu.co

Carolina Jerez

Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Vinculada al proyecto de Investigación, titulado "Algoritmo para el control de la congestión en redes de banda ancha ATM".

Víctor Manuel Plazas

Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Auxiliar de Investigación del proyecto titulado "Algoritmo para el control de la congestión en redes de banda ancha ATM".