

Controle de qualidade de serviço para conexões rt-VBR em redes ATM

Karen Langona
langona@dco.bauru.unesp.br
DCo/UNESP - Bauru/SP

Tereza Cristina M. de B. Carvalho
carvalho@larc.usp.br
LARC-PCS/EPUSP - São Paulo/SP

Resumo

As novas aplicações, que estão surgindo nos ambientes de rede, pressupõem a utilização de dados, áudio e vídeo de forma simultânea e integrada, visando facilitar e tornar mais eficiente a interação homem-máquina. Tais aplicações requerem o controle de Qualidade de Serviço (QoS). A tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), juntamente com métodos de alocação de recursos é capaz de oferecer conexões de rede com garantia dos parâmetros de QoS, como por exemplo, larga banda de transmissão e baixos atrasos. Este artigo apresenta um sistema que emprega funções do Plano de Gerenciamento de Redes juntamente com um algoritmo de alocação dinâmica de recursos para provisão dos parâmetros de QoS fim-a-fim em conexões rt-VBR.

Palavras Chaves: ATM, QoS, alocação dinâmica de recursos

Abstract

The new applications, that are appearing for networks, support and use data, áudio and video in a simultaneous and integrated manner, aiming to facilitate and make more efficient the man-machine integration. Such applications require Quality of Service (QoS) control. The ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) technology, together with the dynamic resource allocation methods, offers network connections that guarantee the QoS parameters, such as minimum losses and delays. This paper presents a system that uses Network Management Functions together with dynamic resource allocation for provision of the end-to-end QoS parameters in rt-VBR connections.

Key words: ATM, QoS, dynamic resource allocation

1 Introdução

As novas aplicações, que estão surgindo nos ambientes de rede, pressupõem a utilização de dados, áudio e vídeo de forma simultânea e integrada, visando facilitar e tornar mais eficiente a interação homem-máquina. Tais aplicações requerem larga banda de transmissão, baixos atrasos e perdas. Tais requisitos têm conduzido o desenvolvimento de novas tecnologias e protocolos de rede e deram origem aos ambientes de Redes de Alta Velocidade com controle da qualidade de serviço.

Observa-se, na Tabela 2, que, para as mesmas seqüências de vídeo, a aplicação do AAD resultou em um número menor de células perdidas e atrasadas em relação a aplicação do algoritmo DSA+. No DSA+, as renegociações são oriundas da análise do parâmetro CLR; no AAD as renegociações são decorrentes da análise dos parâmetros CLR e CTD. Assim, no AAD deve acontecer um número maior de renegociações em decorrência da necessidade por mais recursos, uma vez que o parâmetro CTD, é, também, controlado através do aumento de recursos. Este aumento de recursos, decorrente do controle do parâmetro CTD, acaba beneficiando o parâmetro de CLR, uma vez que a quantidade de recursos disponíveis para a conexão é maior.

O gráfico da Figura 6 exibe o comportamento das renegociações em tempo normal e de emergência para uma seqüência de vídeo em ambos os algoritmos.

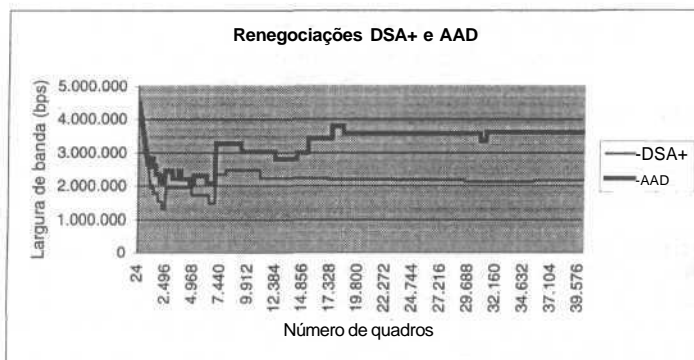


Figura 6. Comparação das renegociações DSA+ e AAD (Seqüência Asterix)

A liberação de recursos nos instantes iniciais da seqüência de vídeo mostra que ambos os algoritmos buscam adequar os recursos da rede ao comportamento do tráfego, uma vez que a largura de banda inicial igual a 4,5 Mbps é um valor bem maior do necessário para transmitir os primeiros quadros da seqüência de vídeo.

4 Considerações Finais

Observa-se em alguns resultados comparativos, que o AAD aloca uma quantidade maior de recursos em relação ao DSA+. Isto se deve ao fato da provisão do parâmetro CTD. Durante as várias simulações realizadas, verificou-se que a dificuldade em se manter os valores de CTD é maior em relação ao CLR. Em compensação, o número de células perdidas e atrasadas diminuiu, demonstrando, do ponto de vista de QoS, uma eficiência maior do AAD em relação ao DSA+ sem ocorrer uma diferença tão acentuada da quantidade de recursos alocada.

A Tabela 1 apresenta os valores iniciais usados nas simulações.

	Valores
Largura de banda inicial	4,5 Mbps
Duração do intervalo de tempo T	4 s
Valor do sub-intervalo	0,5 s
Valor da constante K	100.000
PCR (<i>Peak Cell Rate</i>)	4,5 Mbps
SCR (<i>Sustained Cell Rate</i>)	1,0 Mbps
CLR (<i>Cell Loss Rate</i>)	0,001
CTD (<i>Cell Transfer Delay</i>)	0,0025 S
Número de comutadores que a conexão atravessa	1
Distância entre o sistema gerador de tráfego e o comutador ATM	1.000 metros
Tamanho do <i>buffer</i> interno do comutador	80 células

Tabela 1. Valores iniciais usados nas simulações

3.1 Resultados obtidos para Tráfego de Vídeo

A seguir são resumidos os resultados obtidos a partir das simulações com as seqüências de vídeo (Tabela 2).

Seqüência de Vídeo	Total de Células	Total de Células Perdidas		Total de Células Atrasadas		DSA+		AAD		Aumento de Recursos
		DSA+	AAD	DSA+	AAD	RN	SoS	RN	SoS	
Asterix	2.347.508	1.815	0	26.643	249	24	6	23	18	50,2%
ATP	2.299.765	2.021	79	4.171	413	21	9	18	17	24,5%
Bond	2.551.742	2.667	249	11.945	639	32	19	26	26	26,0%
Dino	1.381.921	930	0	24.949	243	28	7	27	22	41,5%
Lambos	781.222	624	0	9.827	379	53	8	34	22	10,1%
Movie2	1.507.805	828	7	6.110	375	21	14	26	21	33,1%
MrBean	1.857.782	1.754	284	32.099	263	28	23	23	14	37,5%
MTV_1	2.582.488	1.694	302	11.707	644	24	20	27	25	2,1%
MTV_2	2.080.076	3.372	1.056	11.307	1.563	25	38	22	47	24,3%
News_2	1.619.366	1.027	0	10.245	356	22	14	23	24	15,7%
Race	3.222.667	1.122	137	4.307	507	20	5	19	22	17,8%
Sbowl	2.468.667	1.062	0	9.831	284	27	7	22	14	20,7%
Simpsons	1.954.610	1.297	204	9.984	240	25	11	20	17	24,4%
Soccer_1	2.845.376	1.956	1.114	2.379	950	15	10	15	7	10,5%
Soccer_2	2.635.271	2.172	15	7.577	394	22	17	19	19	31,6%
Star	989.720	271	0	55.061	95	41	2	22	10	65,7%
Talk_1	1.533.867	941	0	77.216	289	29	6	33	25	51,2%
Talk_2	1.885.840	1.808	10	40.419	301	27	14	27	21	32,5%
Term	1.155.463	78	0	20.241	211	107	0	32	16	61,2%

RN - Número de renegociações em tempo normal (T)

SoS - Número de renegociações de emergência (st)

Tabela 2. Resultados comparativos entre os algoritmos DSA+ e AAD

3 Resultados

Para medir e avaliar o desempenho do AAD optou-se pelo desenvolvimento de um ambiente de simulação, permitindo, assim, flexibilidade na avaliação de resultados e oferecendo subsídios para a introdução de melhorias no algoritmo.

A simulação do AAD não considera as funções de CAC e UPC. Admite-se que uma vez estabelecida a conexão, o AAD irá monitorar e tentar manter os valores dos parâmetros de QoS locais, calculados durante a fase de estabelecimento ou subscrição de conexão.

O programa desenvolvido, em Delphi, considera um comutador com N portas de entrada e saída. Para cada porta, são alocados *buffers* de saída (*buffer*) para cada VC (*Virtual Channel*), onde as filas dos VCs pertencentes a mesma porta são mantidas dentro de uma mesma memória compartilhada (Figura 5).

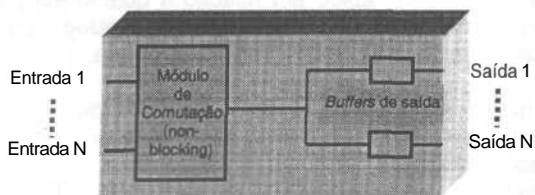


Figura 5. Arquitetura do Comutador Simulado

O ambiente de simulação aceita, como dados de entrada, arquivos que representam seqüências de vídeo em formato MPEG-I.

Este tipo de tráfego foi escolhido, tendo em vista que o vídeo comprimido (MPEG-I) gera uma taxa de bits variável, que possui requisitos de larga banda de transmissão, baixo atraso e perda dependendo da finalidade do vídeo.

Os arquivos de entrada são arquivos que não podem ser reproduzidos por um decodificador, uma vez que são arquivos textos que armazenam os valores dos quadros em quantidade de bits para os arquivos MPEG.

Os arquivos em formato texto que representam seqüências de vídeo, em formato MPEG-I, foram codificados e são oferecidos para fins de pesquisa pelo professor Oliver Rose da Universidade de Würzburg (ROSE, 1995). Os arquivos possuem 40.000 quadros, o que corresponde a aproximadamente 30 minutos de filme, e podem ser obtidos através da URL:

<<http://nero.informatik.uni-wuerzburg.de/MPEG/traces/>>.

Legenda:

CC_i Número de células que chegaram ao comutador durante o intervalo tempo (T)
 CP_i Número de células perdidas durante intervalo de tempo (T)
 ca Número de células onde $CTD_c > CTD_d$ durante o intervalo de tempo (T)

$$CLR_{acum} = \sum_{i=0}^n \left(\frac{CP_i}{CC_i} \right) \text{ onde } n \text{ é o número de iterações}$$

$$Dif_atr = \sum_{j=1}^m \left(\frac{CTD_c}{CTD_d} \right)_j \text{ quando } CTD_c > CTD_d \text{ e } m \text{ é o número de células que excederam o valor de } CTD_d \text{ durante o tempo decorrido entre } T_i \text{ e } T_{i+1} \text{ ou } T_i \text{ e } T_{i+1}$$

A constante K ao ser dividida por 2 (linha 18) permite que a largura de banda seja aumentada duas vezes mais rápido em relação a quanto ela pode ser diminuída. Desta forma, diante de mudanças bruscas no perfil do tráfego, o algoritmo consegue compensar rapidamente as reduções de largura de banda.

Tanto no aumento, como diminuição do valor da largura de banda, os limites mínimos e máximos de largura de banda são dados pelos descritores de tráfego SCR e PCR respectivamente, uma vez que se trata de uma conexão rt-VBR. Quando o novo valor de largura de banda (linhas 10 e 15) ultrapassa o valor de pico (PCR), a largura de banda somente será aumentada até o valor de PCR. O mesmo acontece nas reduções de largura de banda (linha 19), quando o novo valor de largura de banda é menor que o valor do descritor SCR, a nova largura de banda é igualada ao valor de SCR.

A duração do intervalo de tempo (T) é duplicada (linhas 4 e 7) nas seguintes situações:

- A CLR_{acum} excede a CLR_d , mas a $CLR_i < CLR_d$, desta forma o valor da CLR_{acum} tende a diminuir.
- Os valores das funções erro do parâmetro CLR da iteração anterior ($Erro_{anterior}$) e da iteração atual ($Erro_{atual}$) são divergentes, um excede o parâmetro de QoS e o outro não, dobrando-se o intervalo de tempo o sistema tende a se tornar mais estável.
- Na iteração atual, não ocorreram células atrasadas, mas na iteração anterior ocorreram ou vice-versa

A estrutura do AAD em conjunto com as renegociações de emergência procuram acompanhar a variabilidade do tráfego, respondendo com aumento ou diminuição de recursos. A estabilidade do algoritmo é obtida através da consideração dos aumentos e diminuições de recursos sobre ambos os parâmetros de QoS. Portanto, o algoritmo não renegocia recursos simultaneamente, em função da violação de ambos os parâmetros de QoS.

portanto, atende ao sistema, que neste momento necessita de mais recursos, prontamente.

A diminuição de largura de banda objetiva reduzir os recursos que estão sendo alocados em excesso. No entanto, para que o sistema tenha comportamento estável, uma diminuição de largura de banda somente é disparada se ambos os parâmetros não estão sendo violados e se, em intervalos consecutivos, eles mantiveram esse comportamento.

O algoritmo de alocação dinâmica (Figura 4) utiliza os seguintes parâmetros iniciais:

- TO Intervalo de tempo inicial
- st Valor do subintervalo para cálculo das renegociações de emergência
- μ_0 Largura de banda inicial
- K Constante para amplificar o valor da função erro

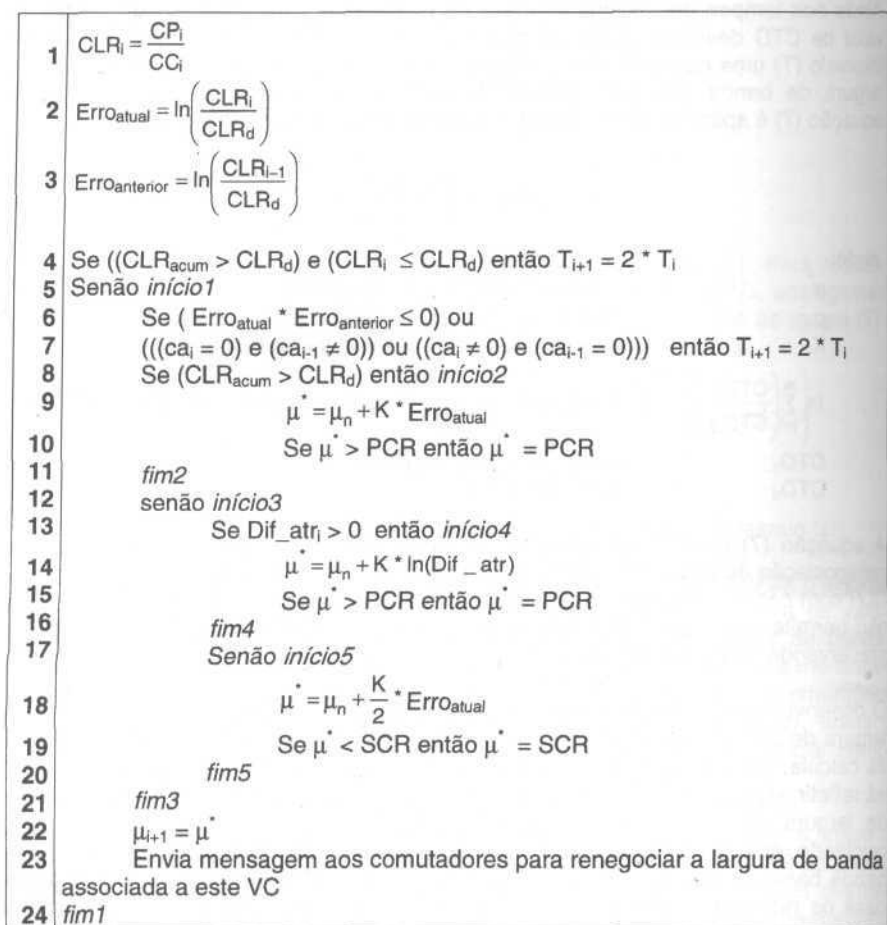


Figura 4. Algoritmo de Alocação Dinâmica (AAD)

$$\mu^* = \mu_n + K * \ln\left(\frac{CLR_c}{CLR_d}\right) \quad (6)$$

onde:

μ^*	Novo valor de largura de banda
μ_n	Valor de largura de banda atual
K	Constante que amplia o valor da função erro
$\ln\left(\frac{CLR_c}{CLR_d}\right)$	Função erro (Logaritmo Neperiano)
CLR _c	CLR acumulada desde o início do intervalo (T) até o instante (st)
CLR _d	CLR desejada

A constante K amplifica a resposta da função erro e o produto desta constante pela função erro determina o quanto a largura de banda deverá ser aumentada ou diminuída.

Ainda nos tempos de subintervalo (st), se o somatório dos valores excedentes ao valor de CTD desejado (CTD_d) é maior que zero, significa que desde o início do intervalo (T) uma ou mais células violaram o valor de CTD desejado. Neste caso, a largura de banda não está atendendo aos requisitos de atraso e, portanto, a equação (7) é aplicada e uma renegociação de emergência é disparada.

$$\mu^* = \mu_n + K * \ln\left(\sum_{j=1}^m \left(\frac{CTD_c}{CTD_d}\right)_j\right) \quad (7)$$

onde:

μ^*	Novo valor de largura de banda
μ_n	Valor de largura de banda atual
K	Constante que amplia o valor da função erro
$\ln\left(\sum_{j=1}^m \left(\frac{CTD_c}{CTD_d}\right)_j\right)$	Função erro (Logaritmo Neperiano), onde CTD _c > CTD _d
CTD _c	CTD calculada para cada célula
CTD _d	CTD desejada

A equação (7) somente é aplicada se a equação (6) ainda não o foi, pois uma renegociação de largura de banda na tentativa de amenizar a violação do parâmetro CLR com certeza influenciará o comportamento do parâmetro de CTD. Esta medida não permite que o algoritmo dispare renegociações diferentes no mesmo instante, preservando sua estabilidade.

O desenvolvimento do algoritmo procurou considerar os efeitos de um aumento de largura de banda para ambos os parâmetros. Quando um parâmetro for violado, ele irá calcular um aumento de largura de banda, e este aumento de largura de banda irá refletir, diretamente, no comportamento do outro parâmetro. Portanto, o aumento de largura de banda, mesmo quando ambos os parâmetros estão violados, é calculado apenas pela equação (6). Esta precedência do cálculo de largura de banda baseado no CLR sobre o cálculo baseado no CTD foi definido tomando por base os resultados obtidos nas simulações do algoritmo. Durante tais simulações, percebeu-se que a função erro do parâmetro CLR apresenta valores maiores e,

O tempo de processamento envolve a análise do cabeçalho da célula, preenchimento dos valores de *VPI/VCI* de saída e comutação. Em geral, o tempo de processamento de uma célula é suficientemente pequeno (da ordem de microssegundos) e está relacionado com o processamento interno de cada comutador especificado pelos fabricantes. Para os cálculos de atraso apresentados neste trabalho, esta componente foi desconsiderada, uma vez que o ambiente de simulação do sistema proposto não considera ou referencia um equipamento específico. Este fato não invalida os resultados apresentados, uma vez que esta componente insere tempos da ordem de microssegundos.

O tempo de espera em fila representa o tempo de espera nas filas internas aos comutadores. Por exemplo, uma célula após ser comutada (*VPI/VCI* de saída) pode ter que aguardar, em *buffer* interno, até que a porta de saída destino seja liberada, uma vez que outras células devem ser transmitidas através da mesma porta de saída. O tempo de espera em fila é calculado pela equação (5):

$$T_{te} = N * T_{tt} \quad (5)$$

onde:

N Número de células no *buffer*
 T_{tt} Tempo de transmissão

2.1.3 Descrição do Algoritmo

O algoritmo começa trabalhando com um intervalo de tempo (*T*). Para reduzir a severidade com a qual as violações de QoS podem ocorrer, o AAD, analogamente ao algoritmo DSA+, aplica o conceito de sub-intervalos. O intervalo de tempo (*T*) é, então, dividido em sub-intervalos (*st*) de duração igual e fixa (Figura 3).

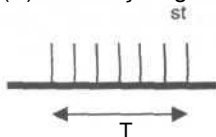


Figura 3. Relação do intervalo de tempo (*T*) e o subintervalo (*st*)

No decorrer do intervalo (*T*), exatamente nos tempos de subintervalo (*st*), o algoritmo verifica se os parâmetros CLR e CTD estão de acordo ou não com os valores acordados. Quando ocorre uma violação, um novo valor de largura de banda é calculado e a renegociação deste novo valor, também, é feita através de mensagens de sinalização. Esta renegociação é conhecida por renegociação de emergência, pois ela tenta amenizar as violações que ocorreram até o momento, antes do término do intervalo de tempo (*T*). As renegociações de emergência sempre aumentam o valor da largura de banda associada à conexão.

Nos tempos de subintervalo (*st*), se a CLR calculada (CLR_c) desde o início do intervalo até o instante (*st*) é maior que a CLR desejada (CLR_d) e a CLR acumulada (CLR_{acum}) a partir do início da transmissão também é maior que a CLR desejada (CLR_d), a equação (6) é imediatamente aplicada e uma renegociação de emergência é disparada.

2.1.2 Cálculo do Parâmetro CTD

O cálculo do CTD é definido como o tempo transcorrido entre o instante de saída de uma célula do sistema emissor e o instante de chegada desta célula no sistema receptor. O CTD ao longo da rede é o acúmulo de CTD em cada nó envolvido na conexão considerada e nos enlaces por onde a informação trafega. O CTD num nó envolve os atrasos internos (decorrentes de um ou mais pontos de filas internas, comutação, processamento e transmissão através de vias internas) e atrasos nas filas externas e de transmissão, decorrentes da saída do nó (GIROUX,1998). O cálculo do CTD é aplicado em cada célula que faz parte do tráfego.

O parâmetro de CTD, considerando-se um enlace de transmissão, de acordo com Kwok, é constituído de quatro componentes: tempo de propagação, de transmissão, de processamento e espera em fila (equação (2)) (KWOK, 1998).

$$\text{CTD} = T_{\text{propagação}} + T_{\text{transmissão}} + T_{\text{processamento}} + T_{\text{fila}} \quad (2)$$

onde:

$T_{\text{propagação}} (T_{\text{tp}})$	tempo de propagação através do enlace
$T_{\text{transmissão}} (T_{\text{tt}})$	tempo de transmissão na interface de saída
$T_{\text{processamento}} (T_{\text{tpr}})$	tempo de processamento interno
$T_{\text{fila}} (T_{\text{te}})$	tempo de espera em fila

O tempo de propagação é o tempo necessário para que os bits se propaguem no meio físico. Este tempo é limitado pela velocidade com a qual o sinal pode se propagar no meio de transmissão, seja um sinal elétrico em fios metálicos ou um sinal ótico em fibras óticas. Portanto, dependendo do meio de transmissão usado, os sinais tipicamente se propagam em 0.2 a 0.7 da velocidade da luz no vácuo (3.0×10^8 m/s) (PARTRIDGE,1994). O tempo de propagação é, então, calculado pela equação (3).

$$T_{\text{tp}} = \frac{D}{FP \cdot V} \quad (3)$$

onde:

D	distância do enlace
FP	fator de propagação
V	velocidade da luz no vácuo

O tempo de transmissão é o tempo necessário para que uma célula seja transmitida através da interface de saída. De forma genérica, este tempo é calculado pela equação (4).

$$T_{\text{tt}} = \frac{Nb}{Tx} \quad (4)$$

onde:

Nb	número de bits do pacote
Tx	taxa de transmissão do enlace

Percebe-se, portanto, que esta componente depende tanto do número de bits que constituem o pacote a ser transmitido, como da taxa de transmissão do enlace.

Tomando por base o sistema apresentado, pode-se descrever o comportamento de seus componentes por: Os comutadores ATM (agentes) executam o AAD para monitorar e controlar os parâmetros de QoS locais. Os valores gerados pelo AAD alimentam as informações da MIB (cumprimento ou não dos parâmetros de QoS locais). O gerente através das mensagens do protocolo de gerenciamento, o próprio SNMP (operações *get* e *set*), pode obter ou estabelecer valores para os objetos da MIB. Os comutadores ATM podem, também, sinalizar situações emergenciais (violação de QoS) ao gerente através da mensagem de *trap* de tipo específico. A troca das mensagens (*set*, *get* e *trap*) entre os comutadores ATM e o gerente do sistema são feitas através de circuitos PVCs estabelecidos com a finalidade única de atender as mensagens de gerenciamento.

2.1 Algoritmo de Alocação Dinâmica (AAD)

A opção por um algoritmo de alocação dinâmica de largura de banda está diretamente relacionada à categoria de serviço rt-VBR, que está sendo enfocada por este trabalho. A renegociação de largura de banda permite que os recursos da rede acompanhem o comportamento do tráfego de taxa de bits variável inerente à categoria rt-VBR.

O algoritmo AAD (Algoritmo de Alocação Dinâmica) foi elaborado a partir da idéia proposta pelo algoritmo DSA+ (*Dynamic Search Algorithm*) (FULP,1997). O algoritmo DSA+ considera uma fila e, durante um intervalo de tempo previamente estabelecido, faz a contagem das células que chegam (CC) e das células que são perdidas (CP). Tal fila é implementada através de um *buffer* de tamanho finito que faz o atendimento das células em FIFO (*First In, First Out*). Ao final do intervalo de tempo de observação (A_t), o algoritmo calcula o valor de CLR (*Cell Loss Rate*) ocorrido e, em função do valor de CLR calculado estar abaixo ou acima da CLR desejada, é calculado o aumento ou a diminuição da largura de banda. O DSA+ propõe a variação da largura de banda considerando-se apenas os valores de CLR.

O AAD propõe a variação da largura de banda a partir da análise dos valores dos parâmetros de perda (CLR) e atraso (CTD - *Cell Transfer Delay*), com objetivo de manter os parâmetros de QoS dentro dos limites acordados.

2.1.1 Cálculo do Parâmetro CLR

Uma vez estabelecida a conexão, a partir do início da transmissão, intervalos de tempo (T) passam a ser discretizados. Durante cada intervalo de tempo (T), são acumulados o número de células que chegaram (CC) ao comutador e o número de células que foram perdidas (CP). Ao final de cada intervalo de tempo (T), o parâmetro CLR é calculado a partir dos valores acumulados para CC e CP (equação (1)).

$$CLR = \frac{CP}{CC} \quad (1)$$

contornar este empecilho, indica-se o emprego de gerenciamento distribuído, o que tornará factível o monitoramento dos parâmetros de QoS em redes de grande porte.

Os valores de QoS locais podem ser alterados pelo gerente quando um comutador está com dificuldades em cumprir seus valores de QoS, para uma dada conexão. Esta alteração somente é possível desde que exista um outro comutador, ao longo desta mesma conexão, que esteja cumprindo seus valores com folga. Desta forma, o gerente poderá alterar os valores dos parâmetros de QoS locais, aumentando o valor para um comutador e diminuindo para outro.

Para que o gerente do sistema, que está sendo proposto, possa monitorar os parâmetros de QoS locais em cada comutador ATM, são sugeridas alterações na tabela de Parâmetro de Tráfego da ATOM MIB. Propõe-se que a tabela de Parâmetro de Tráfego ATM, da MIB global (gerente), contenha os descritores de tráfego definidos para a categoria de serviço (CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR, UBR e GFR), os valores dos parâmetros de QoS *fim-a-fim* e locais, negociados na fase de estabelecimento de conexão, e os valores dos parâmetros de QoS locais calculados pelo AAD em cada comutador ATM.

A tabela de Parâmetro de Tráfego ATM, presente nos comutadores ATM (agentes), deverá possuir objetos que contêm os valores dos parâmetros de QoS locais a serem cumpridos e os valores dos parâmetros de QoS calculados pelo AAD.

Através destes novos elementos, o gerente consegue identificar as conexões ATM e monitorar a provisão dos parâmetros de QoS *fim-a-fim* através de alterações dos valores das QoS locais. As MIBs local e global, contém informações sobre os descritores de tráfego. A Figura 2 apresenta os elementos do sistema de controle dos parâmetros de QoS.

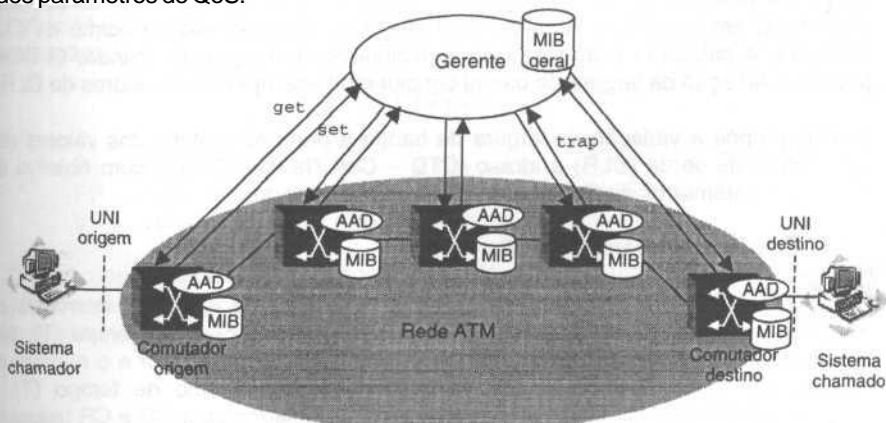


Figura 2. Sistema para controle dos parâmetros de QoS

Esta informação, referente ao tipo de comutador, é usada no cálculo dos valores das QoS locais, de modo que tais valores sejam consistentes com os recursos de cada comutador. Considera-se, portanto, que um comutador de centro, devido aos seus próprios recursos e características, possa cumprir valores de QoS mais rígidos que os comutadores de borda.

Quando o sistema final aceita a conexão (CONNECT), os valores dos parâmetros de QoS locais são calculados e a mensagem de CONNECT ao passar em cada um dos comutadores, participantes da conexão, atribui-lhes os respectivos valores. Portanto, de acordo com o sistema proposto, a mensagem CONNECT recebe, também, um novo elemento de informação, que transporta os valores locais dos parâmetros de QoS.

Uma vez estabelecido um circuito SVC ou configurado um circuito PVC, e, admitindo-se que todos os comutadores participantes da conexão suportam o mecanismo de renegociação dinâmica de largura de banda proposto por este trabalho, cada comutador tem um valor local de QoS a ser mantido.

Os parâmetros de QoS locais são medidos e gerenciados, em cada comutador ATM, através do Algoritmo de Alocação Dinâmica (AAD) que, também, está sendo proposto. As medidas obtidas pelo algoritmo são usadas para propor, ou não, uma renegociação de largura de banda.

O valor da QoS fim-a-fim deve considerar todos os comutadores participantes da conexão, contudo, o emprego isolado do AAD em cada comutador ATM não garante que a QoS fim-a-fim está sendo provida. Para que a manutenção dos parâmetros de QoS locais possa ser agregada, o sistema propõe que exista um elemento gerenciador, ou simplesmente gerente. O gerente tem a função de monitorar e controlar a ação de cada comutador participante da conexão, de modo a garantir que os parâmetros de QoS fim-a-fim sejam atendidos. As funções de gerenciamento do sistema proposto baseiam-se no padrão **AToM MIB** (RFC2515,1999).

O sistema proposto consiste de um conjunto de comutadores ATM conectados fisicamente, podendo existir SVCs e/ou PVCs que envolvem parte ou todos esses comutadores. Em cada comutador, é executado o AAD. Além disso, existe um gerente conectado a tais comutadores que centraliza o controle dos parâmetros de QoS fim-a-fim. Os parâmetros de QoS locais, após serem calculados na fase de estabelecimento ou subscrição de conexão, são informados a este gerente. Durante a existência da conexão, o gerente monitora o desempenho de cada comutador com relação ao cumprimento ou não dos parâmetros de QoS locais, podendo aumentar ou diminuir os valores de QoS locais a serem cumpridos diante de situações de violação de QoS.

O emprego de gerenciamento centralizado pode comprometer a escalabilidade do sistema que está sendo proposto quando aplicado em redes de grande porte. Para

Esta recomendação adiciona um novo elemento de informação, à mensagem de SETUP, denominado opção de gerenciamento dinâmico de largura de banda (*Dynamic Bandwidth Management Option*). Através deste novo elemento de informação, os comutadores ao longo de uma conexão podem sinalizar se eles suportam ou não negociação dinâmica. O sistema chamador é informado do gerenciamento dinâmico de largura de banda fim-a-fim através da mensagem de CONNECT, que também é acrescida deste novo elemento de informação (REININGER,1998).

A renegociação de largura de banda é solicitada através da mensagem de sinalização MODIFY_REQ e a confirmação ou não da renegociação é feita pela mensagem MODIFY_AVAIL. A troca destas mensagens é ilustrada pela Figura 1 (REININGER,1998).

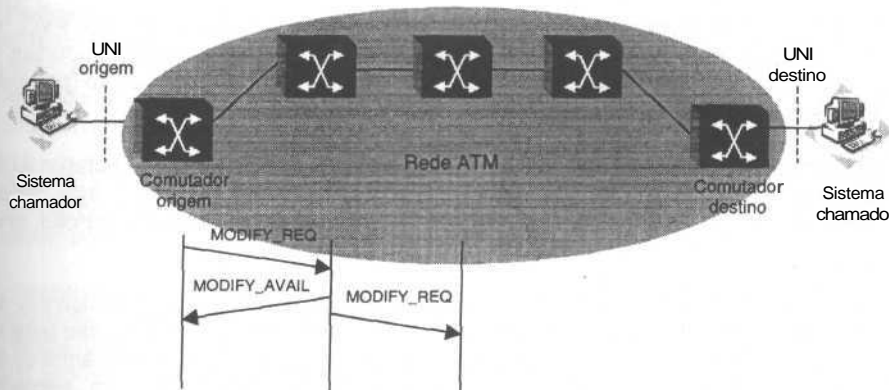


Figura 1. Gerenciamento Dinâmico de Largura de Banda

O contrato de tráfego, estabelecido entre a rede e o usuário, descreve valores de QoS fim-a-fim. Sendo assim, o comportamento de cada nó, participante da conexão, é um fator importante para que o parâmetro de QoS fim-a-fim seja assegurado. No sistema proposto, cada comutador ATM tem um valor de QoS local a ser mantido. Este valor é proveniente, em primeira análise, da divisão do valor dos parâmetros de QoS fim-a-fim entre todos os comutadores participantes da conexão.

Para que o cálculo dos parâmetros de QoS locais seja possível, propõe-se, neste sistema, que o pedido de conexão (SETUP) passe a dispor de dois novos elementos de informação: um, contendo o número total de comutadores pelos quais a conexão passa, e, outro, o tipo de comutador.

Como tipo de comutador, identificam-se, basicamente: comutador de centro e comutador de borda. Esses tipos de comutadores diferem-se entre si pela capacidade de comutação, de armazenamento e de transmissão de suas portas.

Uma das tecnologias mais importantes, dentre as que despontaram como sendo de rede de alta velocidade, e que apresenta o conceito inerente de Qualidade de Serviço (QoS) é a tecnologia ATM. De acordo com as especificações do ATM Fórum a tecnologia ATM possui 6 diferentes categorias de serviço capazes de atender a diferentes perfis de tráfego. Para cada categoria de serviço as especificações definem descritores de tráfego e parâmetros de QoS. Dentre tais categorias, destaca-se a *rt-VBR (real-time Variable Bit Rate)* adequada para o tráfego de vídeo e áudio comprimido, que é objeto do trabalho descrito neste artigo.

A garantia de Qualidade de Serviço em redes ATM está diretamente relacionada com métodos de alocação de recursos. Esses métodos de alocação de recursos visam distribuir os recursos existentes de forma que os provedores de serviços sejam capazes de oferecer serviços com qualidade. A qualidade está relacionada ao atendimento das cláusulas estabelecidas pelo contrato de tráfego e ampliação do número de atendimentos, uma vez que os recursos da rede serão gerenciados e distribuídos de forma mais adequada e otimizada. Tais métodos são, geralmente, baseados no gerenciamento de recursos e controle de tráfego nas redes ATM.

Sendo assim, este trabalho apresenta um sistema que, através de funções de gerenciamento de redes juntamente com um algoritmo de alocação dinâmica de recursos, realiza aferição e controle dos parâmetros de QoS durante a existência de uma conexão pertencente a categoria de serviço *rt-VBR*.

Este artigo está organizado em: Seção 2 apresenta o sistema para controle dos parâmetros de QoS; Seção 3 apresenta as simulações realizadas e os resultados obtidos para o sistema proposto, quando aplicado em arquivos de vídeo (MPEG-I) e a Seção 4 contém as conclusões do trabalho.

2 Sistema para Controle dos Parâmetros de QoS

A alocação dinâmica de recursos é uma importante ferramenta para atuar junto à rede. Durante a vigência de uma conexão através da alocação dinâmica de recursos é possível manter os parâmetros de QoS e fazer uso adequado dos recursos da rede. Para que seja possível suportar a alocação dinâmica de largura de banda, este trabalho incorpora a Recomendação Q.2963.2 do ITU-T (REININGER,1998) e as especificações do ATM Fórum (ATM FORUM/TM,1999).

A Recomendação Q.2963.2 define procedimentos que permitem que o sistema final, que originou o pedido de conexão (SETUP), use a mensagem de MODIFY para ajustar, dinamicamente, os valores dos descritores de tráfego (PCR (*Peak Cell Rate*), SCR (*Sustained Cell Rate*) e MBS (*Maximum Burst Size*)) de uma conexão ativa.

Nas simulações apresentadas, o AAD foi avaliado sem o sistema de gerenciamento. Com a implementação de um sistema de gerenciamento, ao aumentar ou diminuir os valores de QoS locais, o AAD deverá contribuir, de modo ainda mais eficiente, na provisão dos parâmetros de QoS fim-a-fim.

5 Referências Bibliográficas

- ATM FORUM/TM, **Traffic Management Specification Version 4.1** [online] af-tm-0121.000, March, 1999 Disponível na Internet via WWW. <URL: <http://www.atmforum.com/atmforum/specs/approved.html>>
- FULP, E.W.; REEVES, D.S. **On-line Dynamic Bandwidth Allocation** [online] International Conference on Networks Protocols, Atlanta, October, 1997 Disponível na Internet via WWW. <URL: <http://www.csc.ncsu.edu/eos/service/ece/project/rtcomm/WWW/resalloc.htm>>
- GIROUX, N.; GANTI, S. **Quality of Service in ATM Networks: State-of-Art Traffic Management**, 252 p., Prentice Hall PTR, 1998
- KWOK, T. **ATM: The new paradigm for Internet, Intranet and Residential Broadband Services and Applications**, 352 p., Prentice Hall, 1998
- PARTRIDGE, C. **Gigabit Networking**, 396 p., Addison-Wesley, 1994
- REININGER, D.; RAYCHAUDHURI, D.; OTT, M. **A Dynamic Quality of Service Framework for Video in Broadband Networks**, IEEE Network, p. 22-34, November/December, 1998
- RFC2515, **Definitions of Managed Objects for ATM Management**, February, 1999 Disponível na Internet via WWW. <URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2515.txt>>
- ROSE, O. **Statistical properties of MPEG video traffic and their impact on traffic modeling in ATM Systems** [online] 20th Annual Conference on Local Computer Networks, p. 397-406, 1995 Disponível na Internet via FTP. <URL: <ftp://info3.informatik.uni-wuerzburg.de/diretorio/pub/MPEG/docs>>