

Análise do Gerenciamento dos Mecanismos de Policiamento de Tráfego em Redes ATM Através de Objetos Gerenciados

Liane Margarida Rockenbach Tarouco
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Informática
Av. Bento Gonçalves, 9500-Campus do Vale
Porto Alegre-R.S.-Brasil
CEP:91501-970
E-mail:liane@penta.ufrgs.br

Maria de Fátima Webber do Prado Lima
Universidade de Caxias do Sul
Departamento de Informática
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130
Caxias do Sul-R.S.-Brasil
CEP:95070-560
E-mail:mfwplima@ucs.tcche.br

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo dos mecanismos de policiamento de tráfego ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) mais conhecidos e uma análise das condições de seu gerenciamento utilizando o protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*). Para este fim foram considerados os objetos gerenciados integrantes de MIBs (*Management Information Base*) propostas por vários grupos de trabalho com o objetivo de averiguar a viabilidade de gerenciar o processo de policiamento de tráfego mediante manipulação de tais objetos.

Abstract

This work presents a study of the best known ATM traffic policing mechanism and an analysis of management conditions using the SNMP (Simple Network Management Protocol). For this reason the managed objects were considered pertaining to MIBs (Management Information Base) proposed by many working groups. This work inquires the possibility of managing the traffic policing process using the objects of this selected MIBs.

1 Introdução

Com a evolução da tecnologia de informática novas aplicações ganham destaque em países desenvolvidos. O aumento no poder de processamento e comunicação permite integrar novos meios, tais como áudio e vídeo, capturando a naturalidade da informação como experimentado pelos seres humanos em seu dia a dia. Videoconferência, teleação, telecomutação e telepresença são alguns exemplos destas novas aplicações.

Para utilizar estas aplicações é necessário possuir a tecnologia apropriada. Serviços de áudio e vídeo caracterizam-se por uma taxa de transmissão não necessariamente fixa, mas continua independente da carga da rede. Isto impõe uma relação de tempo entre o emissor e o receptor, isto é, os dados devem ser entregues ao usuário na mesma razão nos quais foram gerados pelo receptor. Além disso, é necessário um alta vazão das estações, compressão de dados e alto desempenho no meio físico.

Para que todas estas características possam ser atendidas, é necessário disponibilizar uma tecnologia de rede que forneça o desempenho desejado. São várias as tecnologias de redes de alta velocidade disponíveis no mercado. Neste trabalho será considerada apenas a tecnologia ATM que é considerada atualmente como um padrão internacional para transmissão em alta velocidade.

O grande risco que as redes de alta velocidade correm é que a presença de pacotes em excesso em trechos ou elementos da rede pode degradar o desempenho do sistema de comunicação. Esta situação é chamada de congestionamento. Quando o número de pacotes enviados pelo *host* para a sub-rede está dentro da capacidade de transporte, todos estes pacotes são entregues. Porém quando o tráfego aumenta muito, o comutador não é capaz de comutar os

dados ou mesmo, se não existir *buffers* disponíveis em uma porta de saída, a perda de pacotes começa a ocorrer.

À medida que a complexidade da rede aumenta é necessário criar um controle mais efetivo sobre ela, realizando um gerenciamento integrado, não apenas a fim de detectar possíveis problemas, mas acima de tudo para monitorar e prevenir o sistema de comunicação contra falhas, degradações, invasões, etc.

O gerenciamento como um todo envolve vários aspectos: planejamento, organização, monitoração, contabilização e controle das atividades e dos recursos da rede. De todos os aspectos de gerenciamento citados, a organização e a monitoração são os mais importantes e que consomem os maiores recursos das organizações. Se a rede não estiver bem organizada e planejada, as funções de monitoração, contabilização e controle não possuem sentido.

Este trabalho enfoca e integra dois itens importantes nas redes de alta velocidade: o controle de tráfego e congestionamento e o gerenciamento. Neste intuito foram estudados os mecanismos de controle de tráfego e congestionamento do ambiente ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). A partir deste estudo foram definidos quais os parâmetros necessários para gerenciar tais mecanismos. Logo após foi realizada a análise da possibilidade de usar o gerenciamento de redes tradicionais e objetos gerenciados na monitoração de tais mecanismos. Estes objetos foram definidos em MIBs (*Management Information Base*) propostas por vários grupos de trabalho e empresas atuantes.

Esta utilização é orientada ao cenário dos mecanismos de policiamento clássicos do cenário ATM. Se o conjunto de objetos gerenciados previstos for adequado, torna-se possível o acompanhamento remoto dos componentes de uma rede ATM, de forma análoga ao gerenciamento de qualquer outro componente da rede.

Fala-se em monitorar e não gerenciar os mecanismos de tráfego e congestionamento, pois a grande velocidade das redes ATM não permite, muitas vezes, que agentes disparem alarmes e esperem a atuação do gerente. Nas situações muito rápidas, os próprios *switches* devem agir e resolver os problemas. Desta forma, as informações coletadas serão úteis para o gerenciamento em seus aspectos de organização e planejamento.

2 Controle de Tráfego e de Congestionamento

O objetivo deste trabalho é averiguar a viabilidade de gerenciar o processo de policiamento de tráfego através do protocolo SNMP. Através deste gerenciamento, pode-se acompanhar o estado da rede e utilizar estas informações no planejamento da capacidade da mesma, pois muitas vezes, o congestionamento não ocorre apenas por tráfego e sim pelo mau dimensionamento dos componentes da rede.

Alguns procedimentos foram sugeridos pelo Fórum ATM e ITU-T para gerenciar o tráfego de dados em redes ATM. Estes procedimentos são [MON 94]:

- Controle de Admissão de Conexão: conjunto de ações que são tomadas durante o estabelecimento da conexão para determinar se a conexão requerida deve ser aceita ou rejeitada. Uma conexão solicitada é aceita somente quando possui recursos suficientes (largura de banda, espaço no *buffer*, etc.) disponíveis em todo o caminho da conexão. A decisão de aceitar ou não uma conexão é baseada na categoria de serviço, no QoS desejado e no estado da rede (número e condições das conexões existentes);
- Controle dos Parâmetros de Uso/Rede: conjunto de ações que monitoram e controlam o tráfego, visando proteger os recursos da rede de violações dos parâmetros de tráfego;
- Controle de Realimentação: conjunto de ações que regulam o tráfego submetido às conexões ATM de acordo com o estado dos elementos da rede;

- Moldagem do tráfego: mecanismos utilizados para modificar as características do tráfego para que as células excessivas não sejam descartadas, mas armazenadas para serem inseridas na rede assim que possível.

Como o gerenciamento do tráfego de dados em redes ATM é realizado pelos mecanismos de controle de admissão, controle de parâmetros de uso/rede, controle de realimentação e moldagem de tráfego, são estes os mecanismos que devem ser controlados, de forma que, forneçam os subsídios necessários para o gerenciamento.

Como se pode gerenciar tais mecanismos? Estes procedimentos utilizam algoritmos de policiamento para realizar o controle do tráfego e de congestionamento. Estes algoritmos determinam, por exemplo, quando as células devem ser descartadas ou quando a velocidade de transmissão deve ser diminuída. Se o funcionamento destes algoritmos for acompanhado, serão obtidas informações ou indicadores que auxiliarão a definir mecanismos para evitar ou minimizar congestionamento.

Para que possa ocorrer o gerenciamento remoto através do protocolo SNMP, estas informações devem ser disponibilizadas através das MIBs. Porém, se as MIBs não possuírem objetos que correspondam as informações necessárias, então estes mecanismos não poderão ser monitorados.

As MIBs selecionadas foram as seguintes: MIB da RFC1695 [AHM 94], MIB dos objetos suplementares [LY 96], MIB da especificação UNI 3.1 do Fórum ATM [CHA 96], MIB da *interface* M4 do Fórum ATM [ATM 96], MIB da empresa Bay Networks [BAY 96] e MIBs da empresa Cisco [WAN 96] [CHA 96a], [GRO 96], [GRO 96a], [RBH 96] e [BAK 96].

3 Controle dos Parâmetros de Uso

O Controle dos Parâmetros de Uso (UPC - *Usage Parameter Control*) é definido como um conjunto de ações tomadas pela rede para monitorar e controlar o tráfego do acesso dos sistemas-finais. Sua proposta principal é proteger os recursos da rede dos usuários mal comportados, os quais podem afetar o QoS de outras conexões, detectando violações de parâmetros negociados e tomando as ações apropriadas.

3.1 Balde Furado

É o mais conhecido dos algoritmos de policiamento. Este método cria um pseudo-*buffer* que é identificado por um contador que possui um valor máximo N , correspondente ao tamanho da fila do pseudo-*buffer*. O contador é incrementado de 1 (um) a cada célula emitida, até o valor máximo N , e decrementado de 1 (um) a uma taxa constante T . Este decremento ocorre até que o contador alcance o valor 0 (zero). As células que ao chegar encontrarem o contador em seu valor máximo (valor N) são descartadas.

As informações importantes para o gerenciamento não se restringem apenas à quantidade de células descartadas. Outras variáveis que indicam o porquê estes dados estão sendo descartados também devem ser consideradas: o valor máximo do contador, a taxa de decremento T , o número de células a serem transmitidas, o número de células efetivamente transmitidas e a capacidade de transmissão do canal.

Os dados sobre o valor máximo do contador e a taxa de decremento T poderão ser utilizados para verificar se o descarte de células está relacionado com o mau dimensionamento destes dois elementos.

Um indicador do valor máximo do contador é obtido apenas na MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco [GRO 96]. Os objetos relacionados com este indicador são:

- *sharedMemRmIfOutputQRequestMaxSize*: reflete a configuração explícita do número máximo de células que podem ocupar a fila da *interface* ATM;

- *sharedMemRmIfOutputQInstalledMaxSize*: número máximo de células que podem ocupar a fila. O tamanho máximo que esta fila pode assumir é definido pelo objeto anterior;
- *sharedMemRmIfOutputQCellCount*: contador de células na fila de saída;
- *sharedMemRmSwitchQueuedCellLimit*: limite do número de células em todas as filas de saída do *switch* em um determinado tempo com uma prioridade particular.

Com estes quatro objetos, não se obtém o tamanho máximo do contador, apenas um indicativo de qual é o valor máximo que pode possuir, já que o mesmo nunca poderá ultrapassar o número de células máxima presentes na *interface* de saída. Se o tamanho do *pseudo-buffer* fosse semelhante a capacidade da fila de saída da *interface* estes objetos poderiam ser utilizados para avaliar o valor máximo do contador, porém não há garantias desta semelhança.

Já o parâmetro que identifica a taxa de decremento constante T não é encontrado em nenhuma das MIBs estudadas. Sem este dado, a análise do dimensionamento dos parâmetros de controle do mecanismo fica prejudicada.

A informação sobre o número de células a serem transmitidas também não é encontrada em nenhuma das MIBs. Esta informação poderia ser utilizada para verificar se todos os dados enviados das camadas superiores à camada ATM foram realmente transmitidos. Comparando este parâmetro com o número de células descartadas/marcadas e com o número de células efetivamente transferidas, pode-se calcular o percentual de células não transmitidas devido ao mecanismo de policiamento ou a outros problemas de transmissão.

O parâmetro do número de células descartadas é apresentado somente na MIB da *interface* M4[ATM 96], através dos seguintes objetos:

- *discardedCells*: contador do número de células ATM de alta e baixa prioridade que foram descartadas devido ao mecanismo de controle dos parâmetros de uso;
- *discardedCLP0Cells*: contador do número de células ATM com CLP=0 que foram descartadas devido ao mecanismo de controle dos parâmetros de uso;

Os objetos da MIB M4 armazenam o número total de células descartadas e o número de células com prioridade alta descartadas. Se houver um descarte muito grande das células com prioridade alta, alguma providência deverá ser tomada para identificar e solucionar o problema que pode estar ligado a etiquetagem da prioridade nas células, muito tráfego ou mau dimensionamento de um dos outros parâmetros deste mecanismo.

A informação sobre o número de células transmitidas é encontrada em todas as MIBs e pode ser utilizada em conjunto com os parâmetros acima para realizar estatísticas sobre o número de células descartadas. Os objetos relacionados são:

- *ifOutOctets* da tabela *ifTable* da RFC1695 [AHM 94]: número de octetos transmitidos na *interface*;
- *atmVplStatCellOuts* e *atmVclStatCellOuts* da Internet Draft [LY 96]: número de células transmitidas no caminho virtual e no canal virtual;
- *atmfAtmStatsTransmittedCells* da MIB UNI 3.1 [CHA 96]: número acumulado de células que são transmitidas através da *interface*;
- *wfAtmVclXmtCells* da MIB Bay Networks [BAY 96]: total acumulado de células do usuário que são transmitidos no canal virtual;
- *ciscoAtmVplOutCells* e *ciscoAtmVclOutCells* da MIB de Gerenciamento de Conexão ATM da Cisco [WAN 96]: número total de células transmitidas no caminho/canal virtual;
- *ciscoAtmIfXmitCells* da MIB de Extensão da Tabela de *Interface* ATM [CHAN 96]: número total de células transmitidas na *interface* incluindo células p2p e p2mp.

Todos os objetos acima citados armazenam o número acumulado de células transmitidas. Para realizar uma análise mais aprimorada do comportamento do tráfego, seria interessante realizar amostras periódicas destes objetos. Com estas amostras o número de células transmitidas seria melhor identificado.

O último parâmetro necessário para este mecanismo de policiamento é a capacidade de transmissão do canal. Esta informação pode ser utilizada para relacionar a largura de banda disponível com a taxa efetiva de transmissão e com o número de células descartadas. Os objetos relacionados com a capacidade do canal são:

- *ifSpeed* da tabela *ifTable* da MIB RFC1695 [AHM 94]: largura de banda total em *bits* por segundo utilizado pelo nível ATM;
- *ifSpeed* da tabela *ifTable* da MIB Internet Draft [LY 96]: largura de banda total em *bits* por segundo utilizado pelo nível ATM;
- *egressPeakCellRate* da MIB M4 [ATM 96] : indica a taxa de pico especificada ou reservada para transmissão através do caminho/canal virtual;
- *maxEgressBandwidth* da MIB M4: identifica a largura de banda máxima para a transmissão da *interface* ATM gerenciada exclusivamente por um elemento de rede;
- *wfAtmVclXmtPeakCellRate* da MIB Bay Networks [BAY 96]: taxa de pico em células por segundo para transmissão;
- *wfAtmAlcSpeed* da MIB Bay Networks: estimativa da largura de banda atual da *interface* em *bits* por segundo;
- *rmIfDirMaxCbrPcr*, *rmIfDirMaxVbrPcr*, *rmIfDirMaxAbrPcr*, *rmIfDirMaxUbrPcr* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco [GRO 96]: taxa de pico máxima que pode ser especificada para uma conexão CBR/VBR/ABR/UBR. É especificada em células por segundo;
- *rmIfScTxAcr* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco: largura de banda disponível para a conexão. Especificada em células por segundo;
- *rmIfScTxAlcr* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco: largura de banda alocada para a conexão. Especificada em células por segundo;

As MIBs da Bay Networks e M4 apresentam objetos com duas informações distintas: a taxa de pico e largura de banda. Com estes dados é possível verificar se a quantidade de largura de banda que o usuário pode utilizar é compatível com a banda disponível para a *interface*.

Já a MIB da Cisco fornece três dados distintos: a largura de banda disponível, a banda efetivamente alocada para a *interface* e a taxa de pico. Desta forma, pode-se verificar qual o percentual da banda disponível foi alocado e se esta banda está de acordo com a taxa de pico definida.

As MIBs RFC1695, Internet Draft, UNI 3.1, M4 e Bay Networks não possuem os objetos necessários para armazenar as informações sobre o comportamento do algoritmo, portanto este mecanismo não poderá ser remotamente observado via o protocolo SNMP como se pretende. A MIB M4 é a única a fornecer o número de células descartadas. Porém como não é informada nem o número de células a serem transmitidas nem o número de células transmitidas, este parâmetro isoladamente não é muito útil.

O conjunto de MIBs da Cisco peca em não apresentar o número de células descartadas. Porém, é o único a apresentar informação de um parâmetro que influencia na liberação das células que é o estado do *pseudo-buffer*. Porém esta análise será prejudicada pois a taxa de decremento do contador é desconhecida e esta possui influência direta no comportamento do *pseudo-buffer*.

Em resumo, se o conjunto de MIBs da Cisco apresentasse o número de células descartadas seria uma MIB satisfatória para acompanhar este mecanismo de policiamento.

3.2 Balde Furado Virtual

O mecanismo do balde furado virtual funciona da mesma forma que o balde furado. Só que as células não são descartadas quando encontram o contador do *pseudo-buffer* em seu valor máximo. Elas são marcadas como sendo de baixa prioridade e somente são descartadas

se estiverem interferindo na QoS definida. Desta forma, a probabilidade de descartar células marcadas é menor.

Neste algoritmo, as informações que são importantes de serem gerenciadas são: valor máximo do contador, taxa de decremento, número de células colocadas em prioridade baixa, parâmetros QoS, número de células descartadas, número de células a serem transmitidas, o número de células transmitidas e capacidade de transmissão do canal.

Os parâmetros valor máximo do contador, taxa de decremento, número de células descartadas, número de células a serem transmitidas, o número de células transmitidas e capacidade de transmissão do canal já foram discutidos na seção anterior e portanto não serão mencionados.

Informações sobre os parâmetros QoS negociados durante a conexão, não estão presentes nas MIBs da RFC1695, Internet Draft e UNI 3.1. Estas MIBs armazenam apenas as informações sobre o descritor de tráfego, isto é, a taxa de pico definida, a taxa média e o comprimento máximo da rajada.

Os objetos relacionados aos parâmetros QoS são:

- *egressCDVTolerance* da MIB M4 [ATM 96] : representa a tolerância da variação de atraso das células na saída do caminho/canal virtual;
- *rmScDefaultQosMaxCtd* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco [GRO 96]: valor *default* do atraso máximo de transferência de célula. Este objeto se aplica somente as categorias CBR e VBR-RT. Se o valor deste objeto for 16777215 então este parâmetro não pode ser verificado durante o estabelecimento da conexão. A unidade deste objeto é emmicrosegundos;
- *rmScDefaultQosPeakToPeakCdv* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco: valor *default* do parâmetro variação do atraso da células. Aplica-se apenas as categorias CBR e VBR-RT. Se o valor deste objeto for 16777215 então este parâmetro não pode ser verificado durante o estabelecimento da conexão. A unidade deste objeto é emmicrosegundos;
- *rmScDefaultQosClr* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco: valor *default* do parâmetro taxa de perda das células. Se o valor deste objeto for 0 (zero) então este parâmetro não pode ser verificado durante o estabelecimento da conexão. A unidade deste objeto são potências negativas de dez, isto é, o valor 8 significa 10⁸;
- *rmIfScTxMaxCtd* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco: atraso máximo de transferência de célula calculado para ser experimentado pelas células na conexão;
- *rmIfScTxP2PeakCdv* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco: variação do atraso das células calculada para ser experimentado pelas células na conexão;
- *rmIfScTxClr* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco: taxa de perda das células calculada para ser experimentado pelas células na conexão.

Apenas a MIB da Cisco possui objetos que caracterizam os parâmetros QoS negociáveis. Esta MIB informa o valor *default* e o valor esperado para cada parâmetro durante a conexão.

Porém, em nenhuma MIB é realizado o acompanhamento destes valores, não fornecendo meios para analisar se estes parâmetros estão sendo respeitados durante a conexão. Seria importante identificar qual ou quais parâmetros não estão obedecendo a negociação inicial.

É importante ressaltar também que nenhuma MIB possui informações dos outros parâmetros QoS utilizados para medir o desempenho da conexão (fração de células com erro, fração de blocos de células com demasiados erros, taxa de inserção errônea de células).

O número de células colocadas em baixa prioridade pode ser obtido através dos seguintes objetos:

- *wfAtmVclCellLossPriority* da MIB da Bay Networks [BAY 96]: estado do *bit* CLP no cabeçalho da célula ATM para cada VCL;

- *taggedMemRmCellPriority* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco [GRO 96]: prioridade da célula na fila de saída de um comutador memória compartilhada. Esta prioridade pode ser: 1 (prioridade alta), 2 (segunda prioridade alta), 3 (terceira prioridade alta) e 4 (prioridade baixa).

O que chama atenção na MIB da Cisco é a classificação das prioridades das células. Esta MIB não considera apenas prioridade alta e baixa, mas quatro tipos diferentes de prioridades. Este tipo de classificação pode ser mais difícil de gerenciar, mas deve fornecer uma garantia maior que os dados mais importantes não sejam descartados.

O objeto *taggedMemRmCellPriority* não fornece diretamente o número de células descartadas. Para obter este número será necessário implementar uma rotina que leia a prioridade de cada célula e acumule-a. A construção desta rotina é importante para que se obtenha dados sobre o descarte, questão fundamental para análise dos resultados deste mecanismo.

A MIB da Bay Networks é semelhante a MIB da Cisco. Será necessário construir uma rotina para contabilizar o número de células descartadas. Só que neste caso a prioridade assume apenas dois valores: 0 (alta) e 1 (baixa).

• As MIBs apresentadas nos documentos RFC1695, Internet Draft, UNI 3.1 e M4 não possuem os objetos necessários para armazenar as informações sobre o comportamento do algoritmo, portanto este mecanismo não poderá ser remotamente observado via o protocolo SNMP.

A MIB M4 disponibiliza o valor da tolerância do parâmetro CDV. Porém esta informação não é suficiente para conhecer qual a influência que os parâmetros QoS possuem sobre o descarte das células.

Além do número de células transmitidas e da capacidade do canal, a MIB da Bay Networks apenas fornece condições de determinar o número de células em prioridade baixa. Este dado isolado não terá muito valor, pois faltam outros parâmetros (dados do *pseudo-buffer*, número de células descartadas) que poderiam ser utilizados em conjunto para analisar a situação do tráfego atual. A única relação que poderia ser estabelecida com estas informações seria o número de células colocadas em prioridade baixa com o número de células transmitidas.

O relacionamento ideal de ser realizado neste mecanismo seria o seguinte: número de células a serem transmitidas - limite do contador - número de células colocadas em prioridade baixa - parâmetro QoS - número de células descartadas - número de células transmitidas e capacidade do canal.

Estes relacionamentos visam permitir determinar condições de interdependência entre estas informações para proporcionar dados tais como:

- o número de células que devem ser transmitida em uma determinada conexão é excessiva em relação à largura de banda disponível para aquela conexão? É muito alta? É muito baixa? Como está o estado da rede?
- o número de células transmitidas foi bem ajustada de acordo com a largura de banda alocada para aquela conexão?
- o número de células colocadas em prioridade baixa é adequado se comparada ao resultado final esperado?
- o número de células descartadas é adequado se comparado ao resultado final esperado?
- os parâmetros QoS negociados estão sendo cumpridos?

Com as informações disponíveis pela MIB da Cisco algumas relações parciais podem ser estabelecidas. São elas:

- o estado do contador do *pseudo-buffer* com o número de células colocadas em baixa prioridade;
- o número de células colocadas em baixa prioridade com o número de células transmitidas;
- número de células transmitidas com a capacidade do canal.

Para poder estabelecer este ciclo de relacionamentos faltam três informações: número de células a serem transmitidas, número de células descartadas e situação dos parâmetros QoS (a MIB só fornece os valores *default* e alocado para conexão). Desta forma, a MIB da Cisco fornece apenas um acompanhamento parcial deste mecanismo.

3.3 Balde Furado com Memória

O mecanismo do balde furado com memória substitui o pseudo-*buffer* por um *buffer*. O controle deste mecanismo é realizado através de permissões (*tokens*) que são geradas na mesma razão da taxa média de transmissão e acumuladas até um valor máximo *N*. O funcionamento do algoritmo ocorre da seguinte forma:

- cada célula a ser transmitida deve ser colocada *nobuffer*;
- se o *buffer* estiver cheio, a célula será descartada, caso contrário, será armazenada;
- se houver permissões disponíveis a célula deixa o *buffer*, consome uma permissão e é transmitida;
- se não houver permissões disponíveis a célula não será transmitida.

As variáveis que devem ser analisadas são: taxa de geração dos tokens, número de *tokens* máximo, taxa média de transmissão, tamanho do *buffer*, número de células descartadas, número de células a serem transmitidas, o número de células transmitidas e capacidade de transmissão do canal. Estes itens facilitarão identificar se o descarte de células é ocasionado pelo mau dimensionamento do *buffer*, pela taxa de geração dos *tokens* incorreta ou pela a capacidade alocada para este canal.

Apesar das permissões deverem ser geradas na mesma razão da taxa média, é importante possuir os dois valores para averiguar se o tempo de geração das permissões está correto.

Os parâmetros número de células descartadas, número de células a serem transmitidas, o número de células transmitidas e capacidade de transmissão do canal foram analisados anteriormente.

Nenhuma das MIBs apresentadas fornecem dados sobre as permissões, isto é, a taxa de geração e o número máximo de permissões.

A taxa média de transmissão pode ser analisada pelos seguintes objetos:

- *atmTrafficDescriptorType* da MIB da RFC1695 [AHM 94]: o descritor de tráfego fornece o parâmetro taxa de células suportadas;
- *atmTrafficDescriptorType* da MIB UNI 3.1 [CHA 96] : o descritor de tráfego fornece o parâmetro taxa de células suportadas;
- *egressSustainableCellRate* da MIB M4 [ATM 96] : representa a taxa de células suportadas no *link* de saída;
- *wfAtmVclXmtSustainableCellRate* da MIB da Bay Networks [BAY 96]: estabelece o limite máximo para a taxa de células suportadas;
- *rmIfDirMaxVbrScr* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco [GRO 96]: especifica o valor máximo que a taxa de células suportadas pode assumir em uma conexão VBR.

Pelos objetos acima expostos, pode-se verificar que as MIBs não apresentam a taxa média efetiva de transmissão das células. A informação que foi considerada, taxa de células suportadas, é uma solução paliativa, pois indica o valor máximo que este parâmetro pode atingir. Mesmo que este dado não represente totalmente a realidade, é um valor aproximado que se poderia ser utilizado para o confronto com a taxa de geração de permissões.

O parâmetro que indica o tamanho do *buffer* pode ser encontrado nas seguintes MIBs:

- *wfAtmAlcCopBufSize* da MIB da Bay Networks [BAY 96]: tamanho do *buffer* em bytes;

- *sharedMemRmIfOutputQRequestedMaxSize* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco [GRO 96]: determina a configuração do limite máximo de células que podem ocupar a fila;
- *sharedMemRmIfOutputQInstalledMaxSize* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco: determina o número de células que podem ocupar a fila.

A MIB da Bay Networks não especifica qual *buffer* que o valor do objeto *wfAtmAlcCopBufSize* está se referindo. Porém, pelo contexto, acredita-se que seja o *buffer* que armazena as células para transmissão.

Nesta MIB existe um outro objeto denominado *wfAtmAlcCopConfXmtBufs* que armazena o percentual de *buffers* transmitidos em relação ao tamanho total da memória (em pacotes). Quando o percentual de *buffers* ocupados estiver acima de um limiar, mecanismos de contenção de tráfego poderiam ser acionados para prevenir o congestionamento.

A MIB da Cisco fornece o tamanho máximo do *buffer* e o tamanho máximo alocado para aquela conexão. Se o tamanho *buffer* estivesse refletindo no desempenho do mecanismo, tendo o valor máximo permitido, poder-se-ia estudar um aumento no tamanho do *buffer*.

Todas as MIBs apresentadas não possuem informações suficientes para auxiliar no gerenciamento do algoritmo do balde furado com memória.

Se a taxa de geração das permissões esteve presente nas MIBs, poder-se-ia verificar se a taxa efetiva de geração acompanha a taxa de transmissão média. Da mesma forma, se o número de máximo de permissões estivesse disponível, poder-se-ia comparar este dado com a taxa média aproximada e o tamanho do *buffer*, analisando de forma superficial se estes parâmetros estão bem dimensionados em relação ao tráfego especificado quando do estabelecimento da conexão.

3.4 Contadores de Pico

No mecanismo de contadores de pico a decisão de marcar/descartar células baseia-se no período de tempo em que a fonte do tráfego esteve operando acima de sua taxa média nominal. São utilizados dois contadores:

- contador da média: conta o número de células que chegam para serem transmitidas. Este contador possui um valor máximo N que é decrementado a uma taxa constante T_m ;
- contador de pico: é incrementado quando o contador da média estiver acima de seu limite. Este incremento ocorre a uma taxa constante de T_{cp} até atingir o valor máximo L_{cp} . O decremento utiliza a mesma taxa constante T_{cp} e é realizado quando o contador de média estiver abaixo de seu limite máximo.

As células são descartadas quando o contador de picos atingir seu valor máximo.

Para realizar qualquer tipo de gerenciamento, é necessário saber qual o valor máximo do contador da média, a taxa de decremento T_m , o valor máximo do contador de pico, a taxa de incremento/decremento T_{cp} , o número de células a serem transmitidas, o número de células descartadas, o número de células transmitidas e a capacidade do canal. Estas informações são necessárias pois neste método o descarte pode ocorrer não somente pelo número excessivo de células, mas também pelo mau dimensionamento dos contadores.

Nenhum dos novos parâmetros (valor máximo do contador da média, a taxa de decremento T_m , o valor máximo do contador de pico, a taxa de incremento/decremento T_{cp}) são encontrados nas MIBs estudadas.

Os valores máximos dos contadores e a taxas de decremento dos mesmos são informações importantes para o acompanhamento do mecanismo. Como em nenhuma MIB estes valores são encontrados, então o gerenciamento deste mecanismo torna-se impraticável.

3.5 Escalonamento Virtual

O escalonamento virtual utiliza uma variável para indicar o instante teórico de chegada da próxima célula (variável ITC - Instante Teórico de Chegada). A cada chegada de célula ($tc(k)$ - tempo de chegada da célula K), o algoritmo verifica se a célula chegou dentro do instante esperado ou se a diferença de tempo está dentro de um limite de antecipação permitido (variável L).

Para realizar o gerenciamento deste algoritmo, precisa-se saber o limite de antecipação, o incremento da variável ITC, média dos instantes de chegada das células, número de células a serem transmitidas, número de células excessivas, o número de células transmitidas e capacidade do canal.

Os parâmetros número de células a serem transmitidas, número de células excessivas, o número de células transmitidas e capacidade do canal já foram discutidos no mecanismo do balde furado. Os parâmetros incremento da variável ITC e média dos instantes de chegada das células não foram encontrados nas MIBs estudadas.

O valor do limite de antecipação se faz presente na MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco [GRO 96] através dos seguintes objetos:

- *rmIfDirMaxCbrTolerance*: especifica o limite de antecipação máximo usado nos algoritmos GCRA (*Generic Cell Rate Algorithm*)¹ para conexões CBR. Este objeto é especificado em células por tempo;
- *rmIfDirMaxVbrTolerance*: ídem ao anterior, só que para tráfego VBR;
- *rmIfDirMaxABRTolerance*: ídem ao primeiro, só que para tráfego ABR;
- *rmIfDirMaxUBRTolerance*: ídem ao primeiro, só que para tráfego UBR;

Apesar da MIB da Cisco fornecer o limite de antecipação permitido, nenhuma conclusão é possível. A presença das informações referentes ao incremento da variável ITC e a média dos instantes de chegada das células são fundamentais para a utilização do parâmetro de limite de antecipação. Portanto, nenhuma das MIBs oferece os objetos necessários para o gerenciamento deste mecanismo.

4 Controle de Fluxo de Realimentação

Como visto anteriormente as redes ATM alocam uma largura de banda fixa para as aplicações multimídia (tráfego CBR) ou garantem largura de banda necessária para as aplicações de dados de alta prioridade (tráfego VBR). O restante da largura de banda é compartilhada por todos os usuários (tráfego ABR e UBR).

Como as aplicações ABR utilizam a largura de banda disponível, é necessário criar um controle de fluxo de realimentação para alertar as estações quando a rede estiver congestionada.

O *switch* que propõe gerenciar o tráfego ABR, deve conseguir determinar uma taxa de transmissão compatível com todos os canais virtuais que passampor ele.

Quando uma conexão de um canal virtual ABR é estabelecida, o ponto final da rede deve conhecer a taxa de células permitidas para transmissão em um determinado momento. Esta taxa é constantemente ajustada de acordo com a utilização da largura de banda.

Uma vez que o *switch* sente que a taxa de transmissão combinada de todos os canais virtuais está ameaçada, ele deve notificar todas as estações ligadas a ele que o tráfego deve diminuir. Se as estações não responderem depressa suficiente para reduzir a taxa de transmissão, o *switch* alcança um ponto que não tem mais recursos para processar o *buffer*. Neste momento começa o descarte de células.

Existem várias propostas para controlar o processo de fluxo de realimentação. Raj Jain [JAI 96] apresenta resumidamente várias destas propostas. O Fórum ATM adotou basicamente duas propostas: *credit-based* e *rate-based* [JAI 96].

¹ Algoritmo de referência da norma I.371. Utiliza a taxa de pico para o gerenciamento. Possui duas versões equivalentes: Escalonamento Virtual e Balde Furado de Estado Contínuo

Apesar dos dois métodos apresentarem vantagens e desvantagens, o mecanismo *rate-based* é o melhor aceito pelos fornecedores de equipamentos de rede e é o único método abordado neste trabalho.

O método *Rate-Based* consiste no controle fim-a-fim utilizando um único *bit* de realimentação oriundo da rede. Nesta proposta, os *switches* monitoram o tamanho da fila e se ocorre congestionamento, o *bit* EFCI do cabeçalho da célula é setado igual a um. O destino monitora estas indicações em intervalos periódicos e envia células RM de volta ao emissor.

A estação fonte do canal virtual indica à estação destino a taxa de transmissão desejada através das células RM. Quando a célula chega na estação destino final, o destino envia novamente a célula RM para a fonte, indicando através de um bit de direcionamento que a célula RM está atravessando a rede no sentido destino-origem. Neste momento os pontos intermediários da rede marcam a taxa explícita alocada para o canal virtual na célula RM. A menor alocação é o valor da célula quando ela alcança a fonte. A fonte pode usar esta taxa para as transmissões subsequentes até que uma nova célula seja transmitida.

A especificação deste mecanismo é a seguinte:

⇒ Fonte:

1. A fonte deve enviar uma célula RM para cada N_{rm} células transmitidas. Esta célula é enviada como primeira célula após um período de ociosidade da fonte.
2. A fonte nunca deve enviar a uma taxa que exceda o parâmetro PCR;
3. A fonte pode sempre transmitir a uma taxa igual ao parâmetro MCR;
4. Quando a fonte inicia a transmissão após estar ociosa, o parâmetro ACR deve ser decrementado no mínimo ACR/RDF para cada intervalo N_{rm}/ACR , diminuindo até ICR (decremento linear). Este mecanismo é uma proteção para a rede. Se a fonte não utilizar a largura de banda solicitada, a mesma será perdida;
5. Uma fonte ativa deve diminuir o ACR no mínimo ACR/RDF para cada intervalo N_{rm}/ACR , diminuindo até MCR (decremento exponencial). Uma fonte pode aumentar a taxa somente quando chegar uma indicação positiva (CI=0 da célula de gerenciamento). Caso contrário, a fonte continua decrementando sua taxa;
6. Quando uma célula RM retorna com CI=0, a fonte pode incrementar o parâmetro ACR com o valor do parâmetro AIR, negociado no estabelecimento da conexão e restaurado;

⇒ Destino:

1. O destino deve alterar o curso da célula de gerenciamento recebida, enviando-a novamente à fonte. O valor do *bit* de direção deve ser alterado de "envio" para "inverso";
2. Se o valor do *bit* EFCI recebido na célula RM anterior for igual a um, então o destino deve indicar o congestionamento na célula de retorno. Existem duas possibilidades a serem consideradas: reduzindo a taxa de transmissão no campo ER ou trocando o valor do *bit* CI para um. Se o destino for virtual, isto é, um *switch*, o valor do campo EFCI deve ser alterado para um;
3. Se o destino está congestionado, a taxa ER pode ser reduzida para qualquer taxa que possa ser suportada.

Para gerenciar o estado de congestionamento da rede através deste mecanismo bastaria acompanhar as taxas de transmissão (parâmetros ACR e ER) e os *bits* correspondentes ao estado de congestionamento (EFCI e CI).

Porém seria interessante conhecer os outros parâmetros (PCR, MCR, RDF, N_{rm} , ICR, AIR) associados ao mecanismo para saber como os valores da taxa de transmissão são alterados. É bom lembrar que se houver algum erro de dimensionamento deste parâmetros, os elementos da rede podem ser considerados congestionados incorretamente.

O parâmetro ACR só é encontrado na MIB de gerenciamento de recursos da Cisco [GRO 96] através dos seguintes objetos:

- *rmIfScTxAcr*: largura de banda disponível (em células por segundo) para o tráfego a ser transmitido;
- *rmIfScTxAlcr*: largura de banda alocada para o tráfego a ser transmitido.

Como o parâmetro ER é a taxa na qual efetivamente as estações podem transmitir e não existe nenhum objeto nas MIBs com este nome, foi considerado que a taxa de transmissão atual nos canais virtuais seria o valor do parâmetro ER. Mesmo assim, apenas os seguintes objetos são disponibilizados:

- *atmVclStatCellOuts* da Internet Draft [LY 96]: número de células transmitidas no canal virtual;
- *wfAtmVclXmtCells* da MIB Bay Networks [BAY 96]: total acumulado de células do usuário que são transmitidos no canal virtual;
- *ciscoAtmVclOutCells* da MIB de Gerenciamento de Conexão ATM da Cisco [WAN 96]: número total de células transmitidas no canal virtual.

Se fosse correto deduzir que a taxa de um determinado canal virtual fosse a largura de banda total da interface ATM dividido pelo número de canais virtuais ativo, então o restante das MIBs (RFC1695, UNI 3.1 e M4) também poderiam fornecer estes valores.

O valor do *bit* CI somente é encontrado na MIB da Bay Networks através do objeto *wfAtmVclCongestionIndication*. Este objeto mostra o estado atribuído ao *bit* CI no campo PT da célula ATM.

O *bit* EFCI não foi encontrado nas MIBs analisadas. Na MIB de gerenciamento de recursos da Cisco [GRO 96a] foram encontrados dois objetos relacionados com esta informação. São eles:

- *sharedMemRmIfEfcThreshold*: o limiar de marcação do *bit* EFCI expresso em percentual. Indica qual o percentual de ocupação da fila que deve ser considerado;
- *sharedMemRmIfAbrRelativeRateThreshold*: limite de congestionamento para fila que contém o tráfego ABR. O valor é expresso em percentual.

Como a MIB da Cisco fornece o tamanho da fila e o número de células que a estão ocupando (objetos descritos no item anterior) em um determinado momento, pode-se calcular o percentual de ocupação de cada fila. Comparando este percentual com os valores fornecidos pelos objetos acima é possível deduzir o valor do *bit* EFCI.

O parâmetro PCR é fornecido pelos seguintes objetos:

- *atmTrafficDescriptorType* da MIB da RFC1695 [AHM 94];
- *atmTrafficDescriptorType* da MIB UNI 3.1 [CHA 96];
- *egressPeakCellRate* da MIB M4 [ATM 96];
- *wfAtmVclXmtPeakCellRate* da MIB da Bay Networks [BAY 96];
- *rmIfDirMaxAbrPcr* da MIB de Gerenciamento de Recursos da Cisco [GRO 96].

O restante dos parâmetros, isto é, MCR, RDF, Nrm, ICR e AIR não foram encontrados nas MIBs estudadas.

Fora o PCR nenhum dos parâmetros que seriam utilizados para controle das taxas são encontrados nas MIBs selecionadas.

Se por outro lado for analisado o gerenciamento das informações principais, isto é, os *bits* que indicam congestionamento e as taxas de transmissão apenas as MIBs da Bay Networks e da Cisco conseguiriam realizar o gerenciamento. O ideal seria que o objeto da Bay Networks relacionado com o *bit* CI também estivesse presente na MIB da Cisco.

Vários algoritmos foram propostos dentro da filosofia *rate-based*. Estes algoritmos serão expostos nas seções abaixo.

4.1 Controle de Fluxo Baseado na Taxa

O mecanismo de controle de fluxo baseado na taxa foi definido pelo Fórum ATM:

1. Duas estações (E1 e E2) são conectados através do *switch* S1 a uma estação única E3. Se as estações estão transmitindo a 100 Mb/s cada uma (100 Mb/s +

100Mb/s = 200Mb/s) e o *link* de saída para E3 é limitada a 155Mb/s, o *switch* S1 deve armazenar no *buffer* o tráfego que excede a capacidade do *link* de saída.

2. Quando o *buffer* alcança um limite pré-determinado, ele atribui o valor um ao *bit* EFCI.
3. Quando a estação E3 recebe uma célula RM com o *bit* EFCI setado em um, esta estação enviará uma célula às estações E1 e E2 instruindo para reduzir a taxa de transmissão para algum valor pré-determinado.
4. Deste modo, as estações E1 e E2 começam a transmitir a 50 Mb/s. Isto habilita o *switch* a transmitir seu tráfego atual bem como seu *buffer* vazio com a porção não utilizada da banda, isto é, 55Mb/s.

Para maximizar a utilização é preferível operar continuamente em um estado congestionado brando. Por isto, as estações E1 e E2 aumentarão suas taxas de transmissão até receberem uma mensagem para diminuir o tráfego. Neste momento as estações reduzirão a taxa de transmissão pela metade. Depois a taxa começa a aumentar novamente até que uma nova célula de redução chegue.

Para gerenciar este algoritmo três informações são necessárias: o *bit* EFCI, as taxas nas quais os elementos da rede estão operando (parâmetro ER) e a nova taxa determinada pela estação (parâmetro ACR).

Pelos objetos gerenciados disponíveis, apenas as MIBs da Cisco seriam capazes de gerenciar este algoritmo.

Aquelas MIBs que possuem objetos que apresentam apenas a taxa de transmissão atual não conseguem efetuar nem um gerenciamento parcial. Isto porque a informação mais importante, o estado de congestionamento da rede, não é fornecida pelas respectivas MIB.

4.2 Controle de Taxa Explícita

No método *Explicit Rate Control* a fonte envia uma célula RM periodicamente, geralmente a cada 32 células de dados. Esta célula de gerenciamento, que contém a taxa requisitada da fonte, atravessa a rede e retorna para o destino. No retorno, cada *switch* examina a taxa requisitada. Se esta taxa não puder ser atendida, então o *switch* reduzirá a taxa e alterará o valor na célula RM. A célula retorna à fonte com o campo ER indicando a taxa máxima que a rede pode suportar sem causar congestionamento.

Tipicamente o *switch* calcula a taxa que pode suportar dividindo a largura de banda total disponível pelo número de canais virtuais gargalo nestenodo.

Para realizar o acompanhamento deste mecanismo seria necessário conhecer os parâmetros ACR, ER e taxa que o *switch* pode suportar. Já que nenhuma MIB apresenta a taxa mínima que o *switch* pode transmitir, foram consideradas outras soluções para a obtenção deste valor.

A primeira solução seria a simples amostragem do valor mínimo que ER contém durante um período de tempo. Esta opção pode não fornecer o valor real pois se não houver congestionamento, o ER não atingirá seu valor mínimo.

Uma segunda forma seria calcular este valor dividindo a largura de banda total disponível pelo número de canais virtuais gargalo. Como os dados disponíveis pelas MIBs não fornecem o número de canais gargalo poderia se considerar o número de canais virtuais gargalo como sendo o número máximo de canais que uma *interface* ATM pode alocar. Nos casos em que este dado não esteja disponível, poderia se considerar o número de canais virtuais ativos. É claro que nem o número máximo nem o número ativo de canais virtuais são necessariamente o número de canais gargalo. Porém estes valores podem dar uma idéia aproximada da menor taxa de transmissão que este mecanismo opera. Da mesma forma a largura de banda total é considerada como a largura de banda total disponível.

Nenhuma das maneiras citadas é ideal. Se for adotada a primeira opção, então aquelas MIBs que apresentarem o valor ER poderão obter a taxa mínima. Se for considerada a segunda opção, então é necessário conhecer os dois parâmetros para efetuar o cálculo.

Todos os parâmetros com exceção do número de canais gargalo foram analisados anteriormente. Os objetos que indicam o número de canais gargalo são os seguintes:

- *atmInterfaceMaxVccs* da MIB da RFC1695 [AHM 94]: número máximo de VCs suportados pela interface ATM;
- *atmSigOutEstabls* da MIB Internet Draft [LY 96]: número de VCCs comutados estabelecidos pela entidade de sinalização para conexões de saída;
- *atmfAtmLayerMaxVccs* da MIB UNI 3.1 [CHA 96]: número de canais virtuais definidos para a interface
- *maxNumActiveVccsAllowed* da MIB M4 [ATM 96] : número máximo de VCCs ativos;
- *wfAtmInterfaceMaxVccs* da MIB da Bay Networks [BAY 96]: número máximo de canais virtuais suportados;
- *ciscoAtmIfPVCs* da MIB da Cisco [CHAN 96]: número de VCs permanentes na interface ATM;
- *ciscoAtmIfActiveSVCs* da MIB da Cisco [CHAN 96]: número de VCs comutados ativos na interface ATM.

As MIBs da RFC1695, UNI 3.1 e M4 não fornecem subsídios para gerenciar este mecanismo. Pela Internet-Draft pode-se acompanhar apenas as taxas de transmissão nos canais virtuais e o valor mínimo da transmissão no canal pode ser obtido apenas por amostragens pois o número de canais virtuais que esta MIB oferece refere-se somente ao número de canais comutados.

A MIB da Bay Networks também consegue acompanhar apenas a taxa efetiva de transmissão dos canais. A vantagem desta MIB em relação a anterior é que esta obtém o valor mínimo de transmissão tanto por amostragem quanto pelo cálculo aproximado.

A MIB da Cisco é a única que fornece o acompanhamento dos dois parâmetros referentes a taxa de transmissão e do valor mínimo. Porém vale lembrar que as duas formas utilizadas para obter o valor mínimo fornecem um valor aproximado.

4.3 PRCA - *Proportional Rate Control Algorithm*

A técnica *Proportional Rate Control Algorithm* é uma evolução do algoritmo Controle de Fluxo Baseado na Taxa.

O algoritmo foi desenvolvido considerando que o tráfego ABR nunca deve comprometer a probabilidade de perda de células dos tráfegos CBR e VBR. O *switch* nunca deve recusar conexões destes tipos de tráfego para atender conexões ABR.

Os principais passos deste método são:

- os clientes enviam uma célula RM contendo a taxa de células atual (ACR) e a taxa de transmissão desejada;
- os *switches* calculam o *fairshare*, taxa máxima que o *switch* pode atribuir para qualquer canal virtual, e enviam-no aos clientes através de uma célula RM. Nesta célula um *bit* será setado para notificar que a taxa solicitada deverá ser reduzida;
- o destino envia a célula de gerenciamento para a fonte, a qual ajusta a taxa de acordo com o indicado na célula de gerenciamento. Se o *bit* de redução possuir valor zero, a fonte pode requerer uma taxa de transmissão alta na próxima célula de gerenciamento. Se o *bit* de redução possuir valor um, a fonte utiliza a taxa atual como a taxa desejada colocada na próxima célula de gerenciamento.

Este esquema requer que a fonte reduza sua taxa a cada célula transmitida. A fonte pode incrementar esta taxa somente quando ela transmitir e receber uma célula RM, onde a taxa é especificada de acordo com o *fairshare*.

Este processo é repetido cada vez que uma conexão envia uma célula RM e é encerrado quando não houver mais mudança nos valores das variáveis número de canais virtuais de baixa carga e *fairshare*. Quando uma fonte se desconecta do sistema ou quando uma nova fonte é conectada, *ofairshare* deve ser recalculado.

Os parâmetros necessários para este algoritmo são praticamente os mesmos do algoritmo anterior. Porém neste caso o número de circuitos virtuais necessários são os ativos. Com todos estes dados presentes é possível encontrar os valores do *fairshare* e do número de canais virtuais que estão operando com carga baixa.

A informação sobre o número de canais virtuais ativos pode ser encontrado através dos seguintes objetos:

- *atmInterfaceConfVccs* da MIB da RFC1695 [AHM 94]: número de VCCs configurados para a interface ATM;
- *atmSigOutEstabls* da MIB Internet Draft [LY 96]: número de VCCs comutados estabelecidos pela entidade de sinalização para conexões de saída;
- *atmAtmLayerMaxVccs* da MIB UNI 3.1 [CHA 96]: número de canais virtuais definidos para a interface
- *maxNumActiveVccsAllowed* da MIB da M4 [ATM 96] : número máximo de VCCs ativos;
- *wfAtmInterfaceConfVccs* da MIB da Bay Networks [CHA 96]: número máximo de VCCs configurados para a interface ATM;
- *ciscoAtmIfPVCs* da MIB da Cisco [CHAN 96]: número de VCs permanentes na interface ATM;
- *ciscoAtmIfActiveSVCS* [CHAN 96]: número de VCs comutados ativos na interface ATM.

As MIBs da RFC1695, UNI 3.1 e M4 não possuem informações suficientes para acompanhar este mecanismo.

A Internet-Draft apesar de acompanhar as taxas reais de transmissão, não consegue calcular o *fairshare* e o número de canais em baixa carga pois fornece apenas o número de canais comutados. Se todos os canais virtuais utilizados fossem comutados então o acompanhamento do processador por esta MIB seria parcial.

A MIB da Bay Networks acompanha parcialmente o processo. A única informação que falta para o relacionamento é o parâmetro ACR.

O conjunto de MIBs da Cisco apresentam mais uma vez todas as informações. Porém o número de canais virtuais apresentado é o máximo permitido e não o número de canais ativos. No momento em que todos os canais disponíveis estiverem sendo utilizados, então esta MIB conseguirá gerenciar o mecanismo. Caso contrário, apenas conseguirá obter uma situação que se aproximará da realidade.

4.4 EPRCA - Enhanced Proportional Rate Control Algorithm

No algoritmo EPRCA a fonte envia células de dados com o valor do campo EFCI igual a zero. A cada n células de dados transmitidas é enviada uma célula RM. Quando a fonte inicializa, o campo ER recebe o valor do parâmetro PCR e o valor zero é atribuído a bit CI.

O *switch* calcula o *fairshare* e reduz o campo ER para o mesmo valor calculado no retorno da célula de gerenciamento, caso seja necessário. A fórmula utilizada para calcular o *fairshare* é:

$$\text{MACR} = (1 - \alpha) * \text{MACR} + \alpha * \text{ACR}$$

$$\text{Fairshare} = \text{SW_DPF} * \text{MACR}$$

onde:

- MACR (*Mean Allowed Cell Rate*): média da taxa de células permitidas;
- é o fator médio exponencial. O valor sugerido para esta variável é 1/16;
- SW_DPF (*Switch Down Pressure Factor*): multiplicador, cujo valor sugerido é de 7/8 .

O destino monitora o *bit* EFCI nas células de dados. Se a última célula de dados possuir o *bit* EFCI com valor igual a 1, então é atribuído o valor um ao *bit* CI da célula de gerenciamento. Os *switches* também podem alterar o valor do *bit* CI.

A fonte decrementa sua taxa de transmissão ACR a cada transmissão de célula de dados, através da seguinte fórmula $ACR = ACR * RDF$.

Quando a fonte recebe uma célula de gerenciamento, ela aumenta sua taxa utilizando uma taxa de incremento aditivo da seguinte forma:

Se o *bit* CI=0

Então o novo ACR = Mínimo (ACR + Taxa de incremento aditivo, ER, PCR)

Se o *bit* CI=1

Então ACR não muda.

Para gerenciar o processo que ocorre através deste mecanismo é necessário conhecer os parâmetros ER, ACR, os *bits* EFCI e CI, PCR, MACR, α , SW_DPF e RDF.

Como os parâmetros α e SW_DPF possuem seus valores fixo definidos pelo próprio mecanismo, eles não serão analisados. Da mesma forma, o parâmetro MACR também não será discutido em detalhes, pois este dado é obtido pela média dos valores de ACR. Aquelas MIBs que fornecerem o valor ACR poderão calcular sua média.

O restante dos parâmetros já foram discutidos em outros mecanismos de realimentação não sendo necessários descrevê-los novamente.

Nenhuma das MIBs analisadas consegue acompanhar este mecanismo pois:

- para reduzir a taxa de transmissão necessita-se quatro parâmetros: MACR, α , ACR e o SW_DPF. De todas as MIBs apenas a Cisco possui objetos equivalentes;
- para corrigir o valor de ACR utilizado no item anterior é necessário o valor de RDF que não é encontrado em nenhuma MIB;
- para poder alterar o valor do *bit* CI deve-se conhecer o valor do *bit* EFCI. Nenhuma das MIBs disponibiliza este valor.

Na relação acima não foi considerado o parâmetro PCR utilizado para inicializar a taxa ER pois esta relação não influenciaria tanto no controle do mecanismo já que se trata de um valor inicial.

4.5 ERICA - *Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance*

A técnica ERICA tenta manter o tamanho da fila baixo. A principal diferença dos mecanismos anteriores é a detecção do estado de congestionamento. Nestes mecanismos a detecção é baseada no limiar do tamanho da fila.

Este método mede a taxa de entrada e compara este dado com a taxa de células alvo (em torno de 85% a 95% da largura de banda do *link*) para calcular o fator de sobrecarga. O campo ER é adequado segundo o fator de sobrecarga.

Para calcular a taxa de entrada, o *switch* mede o tempo T até que N células cheguem. Então a taxa de entrada é calculada como N/T e um novo intervalo de medição inicia. Durante cada intervalo de medição, o *switch* também conta o número de canais virtuais ativos para calcular o *fairshare*.

Quando o *switch* recebe uma célula RM que possui direção destino \rightarrow fonte, o *switch* calcula a taxa explícita ER2 baseada na carga:

$ER2 = \text{máximo} (ACR/\text{fator de sobrecarga}, \text{fairshare})$

$x = \text{mínimo} (\text{Taxa de células alvo}, ER2)$

Se $ER > x$

Então $ER = x$.

Para reduzir o atraso de realimentação, a proposta estabelece também que o ACR utilizado no cálculo do ER não deve ser o ACR carregado pela célula RM, mas o ACR visto na última célula RM transmitida no mesmo canal virtual. Portanto este valor deve ser armazenado em uma tabela de canal virtual quando a célula de gerenciamento for recebida.

Para calcular o ER, o *switch* utiliza a taxa de entrada e o fator de sobrecarga calculados nos intervalos prévios. Para evitar oscilações, a proposta estabelece também que todas as células de gerenciamento de um determinado canal virtual pertencentes a um intervalo de medição devem usar o mesmo valor x . O *switch* armazena o valor x calculado quando a primeira célula de gerenciamento é vista durante o intervalo de medição, e mantém um indicador de que a célula de gerenciamento de cada canal virtual foi visto no intervalo de medição atual.

Para acompanhar o processamento deste mecanismo é preciso conhecer o valor dos parâmetros ACR, ER, número de células a serem transmitidas, tempo T de medição das células, taxa de células alvo e o número de canais virtuais ativos.

Os parâmetros ACR, número de células a serem transmitidas e o número de canais virtuais ativos já foram discutidos nas seções anteriores. Os valores do tempo T e da taxa de células alvo não foram encontrados nas MIBs em questão. A taxa de células alvo pode ser calculada aproximadamente de acordo com a definição do algoritmo, isto é, taxa de células alvo = 85% a 95% da largura de banda do *link*. Como o valor da largura de banda é encontrado nas MIBs, este valor poderia ser deduzido. A grande questão seria saber qual é o fator multiplicador mais correto.

Como no algoritmo anterior, nenhuma MIB consegue observar a evolução deste mecanismo. Como os parâmetros número de células a serem transmitidas e tempo T de medição das células não são encontrados em nenhuma MIB, o cálculo da taxa de entrada e do fator de sobrecarga não podem ser efetuados, prejudicando o acompanhamento do algoritmo. O único valor que pode ser deduzido é o *fairshare*. Porém com este valor nem o acompanhamento parcial do mecanismo pode ser realizado.

5 Conclusão

O trabalho desenvolvido apresentou um estudo dos mecanismos de policiamento de tráfego ATM mais conhecidos e uma analisou as condições de gerenciamento através do protocolo SNMP. As conclusões foram:

- Problema da padronização ATM: um dos fatores que prejudicam a estabilidade da tecnologia ATM é a falta de padronização existente. Este problema pode ser sentido claramente na área de gerenciamento, onde os padrões atualmente definidos não abrangem todas as características da tecnologia. Existem vários artigos recentes que apontam os problemas de interoperabilidade que ainda persistem no cenário ATM. Algumas normas foram publicadas pelo Fórum ATM, porém não foram adotadas por muitos fabricantes e mesmo quando adotadas, não existe mecanismo de certificação que assegure a aderência completa à especificação. Empresas fornecedoras de equipamentos ATM tem criado seus próprios centros de teste para dirimir as dificuldades de interoperação de seus produtos com os de outros fornecedores, tal como referido na revista LAN TIMES de abril de 1997.
- Carência de Objetos: após o estudo dos algoritmos de controle de tráfego e de congestionamento, foram selecionadas as informações que deveriam ser monitoradas para permitir o gerenciamento de tráfego e congestionamento. Estas informações, apresentadas através das tabelas 1 e 2, deveriam compor a "MIB ideal". As informações apresentadas na tabela acima deveriam constar em todas as MIBs analisadas. Porém como pode ser visto nas tabelas 3 e 4, são poucas as informações que podem ser extraídas das MIBs.
- MIB Ideal X Velocidade ATM: é importante ressaltar que mesmo que as MIBs apresentassem todos os objetos gerenciados necessários, não se pode realizar um gerenciamento destes mecanismos de forma total, dada a velocidade das redes ATM. Porém, mesmo que hoje o gerenciamento via SNMP remoto seja difícil, a idéia de utilizar o protocolo SNMP e uma MIB adequada para acompanhar o estado da rede

não pode ser invalidada, pois pode-se obter dados sobre o contexto acompanhando, monitorando seu crescimento, modificações, etc.

Bibliografia

- [AHM 94] AHMED, M.; TESINK, K. Definitions of Managed Objects for ATM Management Version 8.0 Using SMIv2. **Request For Comments 1695**. Disponível por WWW em <http://www.internic.net/rfc/rfc1695.txt> (ago. 1994).
- [ATM 96] The ATM FORUM. **M4 Network-View Interface Requirements, and Logical MIB**. Disponível por WWW em: <http://www.atmforum.com/pub/approved-specs/af-nm-0058.000.rtf> (set. 1996).
- [BAK 96] BAKER, Fred. **MIB for FIFO, Priority, Custom and Fair Queuing**. Cisco Systems. Disponível por ftp anônimo em: <ftp-eng.cisco.com/pub/mibs/v2> no arquivo CISCO-QUEUE-MIB.my (set.1996).
- [BAY 96] BAYNETWORKS. **ATM MIB Baynetworks**. Disponível por WWW em <http://www.baynetworks.com> (set. 1996).
- [CHA 96] CHANDRASEKHAR, Kartik. **Mib ATM UNI 3.1. ATM Forum ATM UNI 3.1 Specification**. Disponível por WWW em: <http://www.atmforum.com/pub/approved-specs/af-nm-0015.000.rtf> (set. 1996).
- [CHA 96a] CHANDRASEKHAR, Kartik. **CISCO Extension to the Atom MIB Interface Table**. Cisco Systems. Disponível por FTP anônimo em <ftp-eng.cisco.com/pub/mibs/v2> no arquivo CISCO-ATM-IF-MIB.my (set. 1996).
- [GRO 96] GROBELCH, Michael. **CISCO ATM Resource Management MIB**. Cisco Systems. Disponível por ftp anônimo em: <ftp-eng.cisco.com/pub/mibs/v2> no arquivo CISCO-ATM-RM-MIB.my (set. 1996).
- [GRO 96a] GROBELCH, Michael. **CISCO ATM Traffic Parameter Extensions**. Cisco Systems. Disponível por ftp anônimo em: <ftp-eng.cisco.com/pub/mibs/v2> no arquivo CISCO-ATM-TRAFFIC-MIB.my (set. 1996).
- [JAI 96] JAIN, Raj. Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent Advances and a Survey. **Computer Networks and ISDN Systems**, New York, v.28, n.3, p. 1723-1738, Oct. 1996.
- [LY 96] LY, Faye; NOTO, Michael; SMITH, Andrew; TESINK, Kaj. **Definitions of Supplemental Managed Objects for ATM Management**. Disponível por ftp anônimo em www.internic.net/internet-drafts no arquivo draft-ietf-atommib-atm2-07.txt (fev. 1996).
- [MON 94] MONTEIRO, José Augusto Suruagy. Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga (RDSI-FL). In: ESCOLA DE COMPUTAÇÃO, 9., 1994, Recife. **Anais ...** Recife: UFPE, 1994. 206p.
- [RBH 96] RBHIDE. **OAM MIB Definition File**. Cisco Systems. Disponível por ftp anônimo em <ftp-eng.cisco.com/pub/mibs/v2> no arquivo CISCO-OAM-MIB.my (set. 1996).
- [WAN 96] WANG, Yunsen. **CISCO ATM Connection Management MIB**. Cisco Systems. Disponível por ftp anônimo em <ftp-eng.cisco.com/pub/mibs/v2> no arquivo CISCO-ATM-CONN-MIB.my (set. 1996)

RDF		X				X		
-----	--	---	--	--	--	---	--	--

TABELA 3 - Informações dos Algoritmos UPC Presentes nasMIBs

	RFC1695	Internet Draft	UNI 3.1	M4	Bay Networks	Cisco
Capacidade de transmissão do canal	X	X		X	X	X
Incremento da Variável TAT						
Intervalo de decremento						
Intervalo de tempo T						
Limite da antecipação						X
Média dos instantes de chegada						
Número de células excessivas				X		
Nº de células em prioridade baixa					X	X
Nº de células a serem transmitidas						
Nº de células descartadas				X		
Nº de células transmitidas	X	X	X		X	X
Nº de <i>tokens</i> máximo						
Parâmetros QoS						X
Tamanho do buffer						X
Taxa Tcp						
Taxa Tm						
Taxa decremento T						
Taxa de geração dos tokens						
Taxa média de transmissão	X		X	X	X	X
Valor máximo contador						
Valor máximo contador de média						
Valor máximo contador de pico						

TABELA 4 - Informações dos Algoritmos de Fluxo de Realimentação Presentes nasMIBs

	RFC1695	Internet Draft	UNI 3.1	M4	Bay Networks	Cisco
ACR						X
AIR						
CI					X	
EFCI						X
ER		X			X	X
ICR						
Largura de banda	X	X		X	X	X
MACR						X
MCR						
Nrm						
Nº de créditos totais						
Nº de canais ativos	X	X	X	X	X	X
Nº de canais gargalo	X	X	X	X	X	X
Nº de células a serem transmitidas						
PCR	X		X	X	X	X
Tamanho da fila					X	X
Taxa de células alvo	X	X		X	X	X
Taxa média de ocupação da fila						X
Taxa de transmissão do VCC	X	X		X	X	X
Tempo T						
RDF						