

Experimentos para Análise de Transmissão de Vídeo via ATM*

Mauricio Pissioli¹, Edson dos Santos Moreira², Rudinei Goularte²

1- Lucent Technologies - Av. Indianópolis, 1460/1500, Moema, 04062-001, São Paulo, SP, Brasil
mpissioli@lucent.com

2 - Universidade de São Paulo - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Caixa postal 668, 13560-970 - São Carlos, SP, Brasil
{edson, rudinei}@icmc.sc.usp.br

Resumo

Uma grande quantidade de dados de diferentes tipos e prioridades trafegam em redes de alta velocidade, sendo que um controle da Qualidade de Serviço se faz necessário para grande parte deles, como, por exemplo, dados de mídia contínua (áudio e vídeo). Este artigo descreve experiências sobre as características da tecnologia de rede ATM e o suporte que esta fornece para o transporte de *streams* de vídeo, considerando QoS, controle de admissão de conexões, congestionamento da rede, prioridades de transmissão, demanda de largura de banda associada às aplicações e configuração da rede. Três tipos básicos de vídeos foram analisados - filmes (*smooth movie*), esportes (*action movie*) e "talking head". Dados sobre a transmissão dos vídeo foram coletados em uma *switch* ATM, revelando resultados que podem ser utilizados futuramente no trabalho de mapeamento de canais ATM para distribuição de dados multimídia como TV Interativa e *Video-on-Demand*.

Palavras-chave: redes de computadores, ATM, redes de alta velocidade, *video-on-demand*

1 - Introdução

Considera-se atualmente como um dos pontos de maior importância em telecomunicação o aprimoramento e a utilização de infra-estruturas de redes (a base dos serviços de telecomunicação) capazes de assegurar Qualidade de Serviço (QoS – “*Quality of Service*”), ou seja, as características desejadas de um serviço. Através da definição de um conjunto de parâmetros que, no momento do estabelecimento das conexões, descrevem as características relevantes de tráfego de dados, torna-se possível manter o controle sobre os recursos da rede de forma a preservar a qualidade de serviço. Outro aspecto importante é a questão da gestão de banda utilizada em conexões que carregam diversos tipos de dados com prioridades diferentes, utilizando a mesma infra-estrutura de rede.

Nesse contexto, introduz-se o conceito das redes ATM, uma tecnologia projetada com o intuito de se obter um melhor aproveitamento da largura de banda disponível (utilizando multiplexação estatística em vez da multiplexação por divisão de tempo, que se mostra muitas vezes ineficiente quando utilizada para o transporte de dados multimídia) e ao mesmo tempo fornecer mecanismos para a manutenção da Qualidade de Serviço [TAN96].

As condições sob as quais a multiplexação estatística funciona eficientemente nas redes ATM é uma área ativa de pesquisa e experimentação nos meios acadêmicos e industriais. Tem sido também uma fonte prodigiosa de publicações técnicas e considerações especulativas. As empresas de telecomunicações nos E.U.A., Europa e Japão, bem como muitos centros de pesquisa e comissões de padronização estão investigando ativamente qual a melhor forma de se realizar a multiplexação estatística de modo que a largura de banda nas redes ATM seja utilizada eficientemente e, a qualidade de serviço exigida, no que diz respeito a atrasos e perdas para

*: Apoio FAPESP

diferentes tipos de aplicações em tempo real ou não, bem como para tráfego inconstante e contínuo, seja também satisfeita durante os períodos de congestionamento. A razão pela qual este problema é tão estudado é que se a largura de banda de pico necessária a todas as conexões está alocada, o ATM degenera para STM e não existe vantagem estatística ganha com a antecipação do uso da largura de banda através da descrição do tráfego a ser transportado antes do estabelecimento da conexão [WAL96, UME96, MUR97, ATF96].

A tecnologia de comutação de células emprega pacotes (denominados agora de células) de tamanho fixo igual a 53 bytes: cinco de cabeçalho e quarenta e oito de dados. A idéia é comutar velozmente essas células durante seu trajeto e carregar, em cada célula, apenas o identificador de conexão e os dados, sendo o tamanho da célula pequeno e fixo, o que facilita a recuperação dos dados no caso de perda de células por congestionamento ou qualquer outra razão, pois a quantidade de dados em cada célula é pequena [TAN96]. Essa filosofia é denominada “banda sob demanda” pelo fato da rede prover exatamente a banda efetivamente necessária às aplicações. ATM comuta as células na velocidade em que são submetidas para transmissão (toda a comutação é feita por um hardware dedicado a esse fim). Em sua essência, este mecanismo é muito parecido com a comutação de pacotes e por isso foi denominado “comutação rápida de pacotes de tamanho pequeno e fixo”.

Aplicações distribuídas que envolvem a transmissão de dados multimídia em geral devem prover o suporte necessário para garantir que os dados gerados por uma fonte qualquer sejam reproduzidos com a mesma qualidade no destino. Isto requer parâmetros de qualidade de serviço (QoS – “*Quality of Service*”) [NAH95].

Quando uma estação conecta-se a uma rede ATM ela está, essencialmente, fazendo um contrato com a rede, baseando-se nos parâmetros de QoS. Este “contrato” descreve o fluxo de tráfego que se pretende transportar através de parâmetros como o pico de largura de banda, a média da largura de banda a duração média das rajadas no caso de taxas de bits variáveis, o *delay* máximo entre as células, etc. É de responsabilidade dos dispositivos ATM aderir a este “contrato”, utilizando filas para acomodar as rajadas de dados, limitar o pico da taxa de dados e “suavizar” o delay entre células, de modo a fazer com que o tráfego seja adequado ao especificado no “contrato” [SIR97, RAY96, TAN96].

Todos esses conceitos também são válidos para as aplicações de vídeo. Para transportar vídeo com qualidade aceitável, a rede deve garantir um determinado nível de qualidade de serviço. Variações de *delay* entre células, erros de bit e perda de células podem ter efeitos severos na qualidade do *stream* de vídeo recebido. Por exemplo, um *link* de transmissão com uma taxa de erro de bit de 5 para 10 pode ser aceitável para transmissão de dados que não necessitam ser transmitidos em tempo real utilizando-se algum mecanismo de correção de erro. Para um *stream* de vídeo, entretanto, esta taxa de erros pode causar sérias degradações na qualidade do vídeo recebido [MOR95, MOR97, RIL97]. Da mesma maneira, *delay* entre células, perda de células e controle da taxa de transmissão também têm um impacto significativo na qualidade do vídeo recebido. ATM suporta o controle de latência e de *delays*, como dito anteriormente, no momento de se “contratar” o serviço. É possível também controlar a perda de células e a taxa de erros, fazendo com que ambos sejam mantidos dentro de níveis aceitáveis [ATF96, TAN96].

Este artigo mostra então um série de experimentos na transmissão de vídeos em uma rede ATM, buscando-se analisar as características que esta oferece no transporte de *streams* de vídeo, considerando QoS, controle de admissão de conexões, congestionamento da rede, prioridades de transmissão, demanda de largura de banda associada às aplicações e configuração da rede.

2 - Avaliações sobre a transmissão de vídeo em ATM

O ambiente para os testes foi composto de uma switch ATM ForeRunner ASX200 BX da Fore System, dois AVA300 em um ATV300 (para codificação de sinais de vídeo em células ATM e para decodificação de células ATM em sinais de vídeo, respectivamente) também da Fore Systems, um vídeo cassete, uma televisão 29 polegadas e um microcomputador Pentium 133 (WinNT 4.0) com interface de rede ATM para monitorar a switch. Os contratos UPC foram aplicados através de um software de interface fornecido pelo fabricante da switch.

2.1 - Avaliações sobre a transmissão de streams VBR (vídeo)

2.1.1 - Caracterização dos streams VBR utilizados nos testes

Cada tipo de vídeo apresenta características próprias em relação à natureza de seu conteúdo, responsáveis por efeitos evidentes nas taxas de dados resultantes de uma compressão. Estas taxas, quando observadas de maneira discretizada (em intervalos de tempo constantes), seguem determinados padrões de variação que se diferenciam de um tipo para outro de vídeo, definindo também claros padrões de utilização de banda, como se observa no gráfico da **Figura 1 - Variação na utilização de banda para vídeos dos tipos filme, esportes e talking head**.

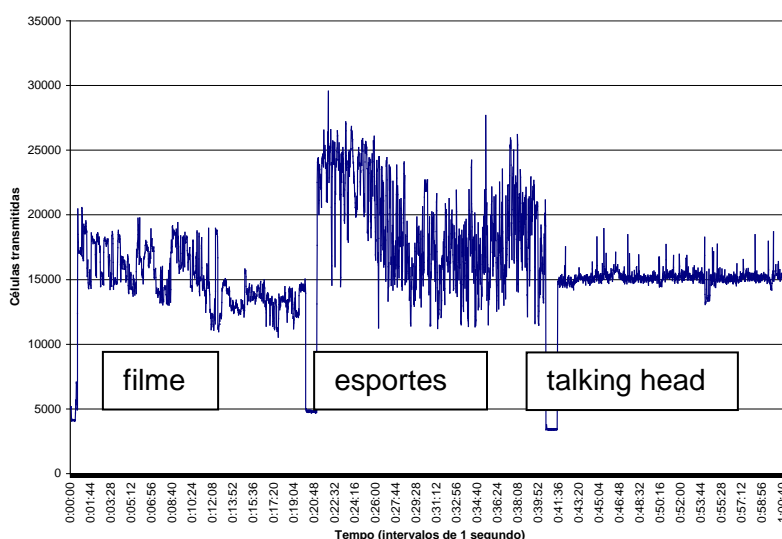


Figura 1 - Variação na utilização de banda para vídeos dos tipos filme, esportes e talking head

Para observar estes padrões e relaciona-los com parâmetros de tráfego de uma rede ATM, foram estudados três tipos básicos de vídeos que demonstram com clareza a diferenças na utilização de banda para cada um dos três tipos.

A **Figura 1 - Variação na utilização de banda para vídeos dos tipos filme, esportes e talking head** mostra a quantidade de células transmitidas (e conseqüentemente, a quantidade de dados gerados pela compressão) para os três tipos de vídeos, evidenciando as diferenças na utilização de banda. Para comparar os resultados, as condições nas quais os dados foram coletados são idênticas para os três vídeos. Os mesmos foram comprimidos com MJPEG com qualidade constante, com resolução de 608x224, a 30 quadros por segundo, e foram transmitidos em ATM utilizando-se uma conexão VBR, com taxa de pico de células (PCR) de 200000 células por segundo (mais do que suficiente para transmitir os 30 quadros por segundo). Nenhum contrato UPC foi aplicado à conexão e nenhuma outra fonte de dados estava conectada ao *switch*, assegurando assim que nenhuma célula foi rejeitada devido a policiamento de tráfego ou congestionamento. Todos os vídeos estavam codificados em NTSC e tem a duração de 20 minutos cada. Os dados foram coletados à taxa de uma amostra por segundo.

2.1.2 - Testes com streams VBR e contratos UPC

O objetivo destes testes é demonstrar os efeitos causados pelo descarte de células na qualidade de um vídeo transmitido em ATM, utilizando a classe de serviço VBR, para cada um dos três tipos de vídeos descritos anteriormente. Também tem o objetivo de tentar definir políticas de aplicação de contratos UPC (policiamento de tráfego) levando-se em consideração cada um dos três tipos de vídeo.

Dois cenários distintos servem de motivação para estes testes. O primeiro refere-se a uma situação em que uma aplicação requisita uma conexão, passa os parâmetros da mesma para o CAC (*Connection Admission Control*, que é responsável por aplicar os contratos), este aceita a conexão e ela é estabelecida, mas a aplicação não respeita os parâmetros estabelecidos e envia células para a rede a taxas que excedem os parâmetros negociados. Se a rede estiver usando um contrato UPC para policiar o tráfego, e conseqüentemente, começar a descartar células, qual seria o impacto na qualidade do vídeo recebido?

O segundo cenário é referente à otimização dos recursos da rede, que pode ser conseguida diminuindo-se a quantidade de células transmitidas em uma conexão através da aplicação de contratos UPC que causariam um descarte “calculado” de células. Ou seja, a questão aqui é: a título de otimização de recursos, qual a quantidade de células que poderia ser descartada numa conexão VBR utilizada para transmissão de vídeo (que normalmente consumiria os recursos quantizados pelos descritores de tráfego passados para o CAC) sem que haja um comprometimento perceptível na qualidade do vídeo? Como realizar este descarte calculado?

2.1.2.1 - Considerações

A configuração dos streams transmitidos é a mesma utilizada na análise feita para a caracterização dos três tipos de vídeo estudados: vídeo MJPEG com qualidade de compressão constante (*Q-Factor* 16), resolução de 608x224, a 30 quadros por segundo, transmitidos em ATM utilizando-se uma conexão VBR, com taxa de pico de células (PCR) de 200000 células por segundo (para os testes de descarte por SCR e MBS) e de 105000 a 110000 células por segundo (para testes de descarte por PCR). Todos os vídeos estavam codificados em NTSC e tem a duração de 20 minutos cada. Os dados foram amostrados a uma taxa de uma amostra por segundo. Cada amostra consiste no número de células transmitidas por segundo.

Na definição dos parâmetros de cada contrato UPC (PCR, SCR, MBS e CDVT) foram utilizados princípios estatísticos básicos aplicados aos dados coletados. Foram calculados, para cada um dos três tipos de vídeo:

- O número total de células transmitidas;
- A média aritmética de todas as amostras;
- Os valores máximo e mínimo encontrados entre as amostras;
- A “frequência observada” de amostras levando-se em consideração intervalos de 1000 células, iniciando com o mínimo de 10000 células e com um máximo de 32000 células. Em outras palavras, quantas amostras foram observadas com valores entre 10000 a 11000, entre 11001 a 12000, entre 12001 a 13000 e assim sucessivamente até 32000.

2.1.2.2 - Políticas de descarte utilizadas

O descarte das células foi realizado de duas maneiras diferentes: por violação de PCR e CDVT (o que é verificado pelo primeiro estágio do GCRA), e por violação de SCR e MBS (verificado pelo segundo estágio de GCRA). O intuito é verificar quais os efeitos causados basicamente pela violação de PCR e de SCR na qualidade do vídeo recebido. Os contratos UPC utilizados foram do tipo VBR0+1, ou seja, o policiamento é aplicado a todas as células (CLP=0 ou CLP=1) do stream VBR. Para ter certeza de que no teste de violação de PCR não houve descarte por violação de SCR, os contratos foram criados com valores de SCR e MBS bem superiores aos

requeridos na transmissão. O mesmo princípio foi usado nos testes de SCR, ou seja, PCR e CDVT foram calculados “com folga”.

Quanto à quantidade de células que deveriam ser descartadas para o teste de SCR, utilizou-se as seguintes políticas:

- cortar as células de modo a fazer com que o número de células transmitidas por segundo ficasse somente um pouco abaixo da maior amostra observada no stream original (“cortar os picos”);
- cortar células de modo a fazer com que o número de células transmitidas por segundo fosse igual à média de todas as amostras do stream original (“corte pela média”);

O intuito foi observar efeitos leves na qualidade do vídeo recebido, como também efeitos mais severos. Na definição dos parâmetros dos contratos UPC para os testes de descarte por SCR, utilizou-se os dados calculados a partir das amostras coletadas.

A tabela 1 mostra os valores máximo e mínimo das amostras que expressam o número de células transmitidas por segundo para os três tipos de vídeos estudados, assim como o valor médio destas amostras (1164 amostras para cada tipo de vídeo). Para filme, temos um valor máximo de 20566 células transmitidas por segundo, para esportes 29551 e para “*talking head*” 18933.

Tabela 1 – Número de células por segundo

Tipo de vídeo	Mínimo (cps)	Média (cps)	Máximo (cps)	Amostras
Filme	10559	15058	20566	1164
Esporte	11228	19083	29551	1164
<i>Talking head</i>	13069	15179	18933	1164

Para realizar o corte pelos picos, utilizou-se a frequência observada das amostras. Observou-se que para o vídeo do tipo filme, a grande maioria das amostras (98,46%) possuem valores na faixa de 0 a 19000 células por segundo, contra apenas 1,54% de amostras com valores superiores a isto. Assim, decidiu-se descartar células de modo a fazer com que no máximo 19000 células fossem transmitidas por segundo (lembrar que o pico foi de 20566 cps). Notar que, se fossem cortadas células de modo a limitar em 18000 células por segundo, 11,54% das amostras seriam afetadas.

O mesmo raciocínio foi usado para os vídeos de esporte (corte em 25000 cps, pico de 29551, afetando 5,24 % das amostras) e “*talking head*” (corte em 16000 cps, pico de 18933, afetando 3,61% das amostras).

Os testes de “corte pela média” utilizaram os seguintes valores: 15058 cps para vídeo do tipo filme, 19083 cps para vídeo do tipo esporte e 15179 para vídeo do tipo “*talking head*”. A partir destes valores, calculou-se os parâmetros dos contratos UPC utilizados nos testes. Deve-se observar, porém, uma peculiaridade relacionada ao número de quadros por segundo em que os vídeos foram transmitidos (no caso 30 quadros por segundo). Se um vídeo é transmitido a 30 quadros por segundo, durante um segundo de transmissão devemos considerar que irão ocorrer 30 rajadas de células correspondentes aos 30 quadros, em intervalos de aproximadamente 33.3 milissegundos.

Este fato deve ser considerado no cálculo MBS dos contratos UPC. Por exemplo, no caso do vídeo do tipo filme, deseja-se limitar a taxa de transmissão para o máximo de 19000 cps. Este valor representa, assim, o SCR, que é definido como a taxa média de células durante toda a transmissão, em células por segundo. Para calcular o MBS (definido como o tamanho máximo da rajada de dados em células), basta então dividir o SCR por 30 (o número de rajadas em 1 segundo), o que dá aproximadamente 633 células. Deve-se observar que este é um número médio para o tamanho das rajadas, sendo que o tamanho destas, na verdade, pode variar. Porém, podemos considerar este

cálculo como sendo válido devido ao fato de que, em apenas um segundo de uma seqüência de vídeo, os quadros provavelmente serão muito semelhantes, fazendo com que a compressão dos mesmos gere uma quantidade parecida de dados (e conseqüentemente de células) a cada 33,3 milisegundos. Assim, as rajadas que possuírem um número de células maior que 633 sofrerão descartes, mantendo a média de 19000 cps para o stream.

2.1.2.3 - Limitando os picos através de SCR

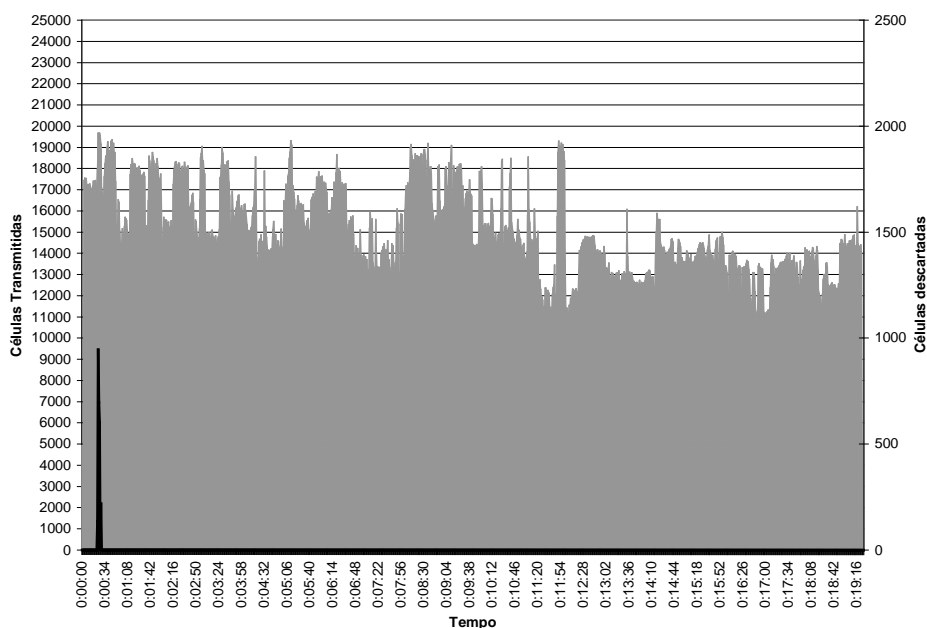


Figura 2 - Descarte de células por violação de SCR (filme, limitando os picos)

Os resultados dos testes de limitação por picos para os três tipos de vídeos se mostraram muito parecidos. Sendo assim, para ilustrar estes resultados serão apresentados apenas os resultados dos testes com o vídeo do tipo filme. Resultados análogos também foram observados para os testes de corte pela média para vídeos do tipo filme e esportes. Somente o teste de corte pela média para o vídeo do tipo "talking head" apresentou diferenças importantes e será apresentado integralmente.

Dados do teste:

- Tipo de vídeo: **filme**;
- Tipo de stream: **MJPEG, mínima compressão, 604x228, 30 fps**
- Classe de serviço utilizada na transmissão: **VBR**;
- Tipo de descarte: por **violação de SCR** através de contrato UPC aplicado ao VCC utilizado na transmissão (VPI=0, VCI=200);
- Contrato UPC: **VBR0+1, PCR=110000 cps, SCR=19000 cps, MBS= 633 células, CDVT = 10 microsegundos**;
- Duração: 1164 segundos.

A **!Argumento de modificador desconhecido.** mostra o descarte de células para o vídeo do tipo "filme" com limitação dos picos em 19000 células por segundo. Na prática, foi observado que o descarte ocorreu efetivamente em torno de 19600 células por segundo. Conseqüências observadas: a transmissão do vídeo apresentou alguns segundos de paralisação (não contínuos), inicialmente com imagem congelada, substituída posteriormente por uma tela escura, durante aproximadamente 6 segundos, coincidentes com o período em que houve descarte de células devido à violação de SCR. O restante do vídeo permaneceu fiel ao original. De um total de 17469671 células transmitidas, foram descartadas 2606, o que representa 0,014% do total.

2.1.2.4 - Limitando a taxa de células pela média através de SCR – vídeo do tipo “filme”

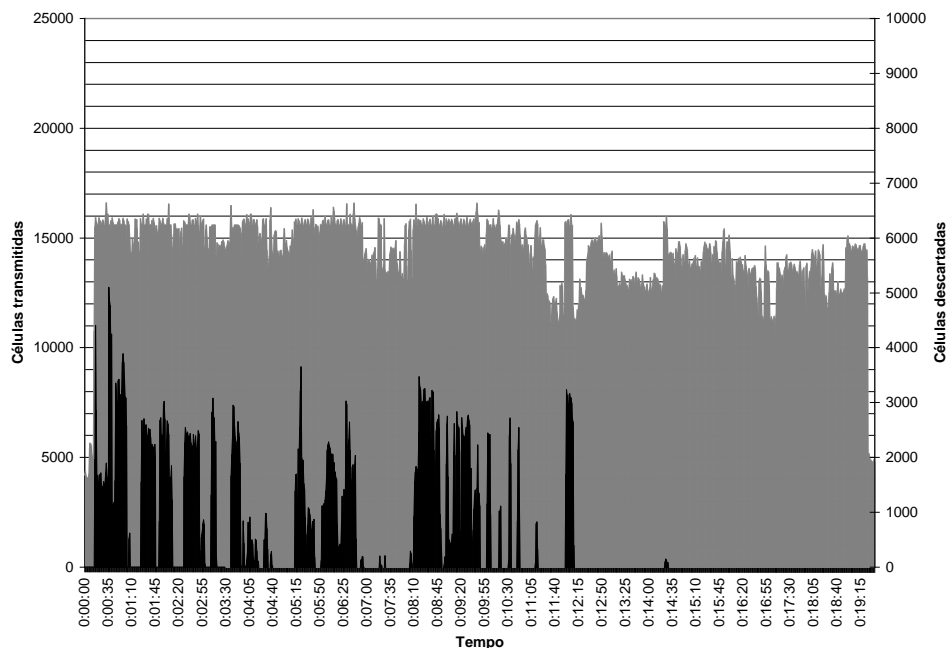


Figura 3 Descarte de células por violação de SCR (filme, limitando pela média)

Dados do teste:

- Tipo de vídeo: **filme**;
- Tipo de stream: **MJPEG, Q-Factor 16, 604x228, 30 fps**
- Classe de serviço utilizada na transmissão: **VBR**;
- Tipo de descarte: por **violação de SCR** através de contrato UPC aplicado ao VCC utilizado na transmissão (VPI=0, VCI=200);
- Contrato UPC: **VBR0+1, PCR=110000 cps, SCR=15058 cps, MBS= 502 células, CDVT = 10 microsegundos**;
- Duração: 1164 segundos.

A **!Argumento de modificador desconhecido.** mostra o descarte de células para o vídeo do tipo “filme” com limitação da taxa de células em 15058 células por segundo (média das amostras do vídeo original). Na prática, foi observado que o descarte ocorreu efetivamente em torno de 15700 células por segundo.

Conseqüências observadas: a transmissão do vídeo apresentou, no total, cerca de 8 minutos (não contínuos) de paralisação, inicialmente com imagens congeladas, substituídas posteriormente por tela escura, coincidentes com o período em que houve descarte de células devido à violação de SCR. Os períodos normais (sem descartes) alternados com os períodos em que ocorreram descartes (estes períodos alternados ocorreram de 0 a 12 minutos aproximadamente), fizeram com que o filme perdesse completamente a seqüência lógica, impossibilitando o seu entendimento. O restante do vídeo permaneceu fiel ao original. De um total de 17454087 células transmitidas, foram descartadas 722168, o que representa 4,14% do total.

2.1.2.5 - Limitando a taxa de células pela média através de SCR – vídeo do tipo “talking head”

Dados do teste:

- Tipo de vídeo: **talking head**;
- Tipo de stream: **MJPEG, Q-Factor 16, 604x228, 30 fps**
- Classe de serviço utilizada na transmissão: **VBR**;
- Tipo de descarte: por **violação de SCR** através de contrato UPC aplicado ao VCC utilizado na transmissão (VPI=0, VCI=200);

- Contrato UPC: **VBR0+1, PCR=110000 cps, SCR=15179 cps, MBS= 506 células, CDVT = 10 microsegundos;**
- Duração: 1164 segundos.

O descarte de células para o vídeo do tipo “*talking head*” foi efetuado com limitação da taxa de células em 15179 células por segundo (média das amostras do vídeo original). Na prática, foi observado que o descarte ocorreu efetivamente em torno de 15600 células por segundo.

Conseqüências observadas: o vídeo, assistido através de um ATV300 e uma televisão, apresentou, no total, cerca de 30 segundos (não contínuos) de paralisação, com imagens congeladas, mas sem telas escuras, coincidentes com o período em que houve descarte de células devido à violação de SCR. Não houve comprometimento da seqüência lógica, possibilitando o perfeito entendimento do vídeo. De um total de 17750203 células transmitidas, 29527 foram descartadas, o que representa 0,167% do total.

2.1.2.6 - Limitando a taxa de células através de PCR – todos os vídeos

Todos os streams originais foram transmitidos com PCR=110000 cps, sendo este valor de PCR. Este teste tem por objetivo observar os efeitos do descarte de células devido à violação do PCR através da aplicação de um contrato UPC no VCC utilizado para a transmissão do stream.

Como dito anteriormente, foram criados contratos UPC com PCR variando de 109000 cps a 90000 cps, num total de 20 contratos, sendo que os valores de SCR e MBS em todos eles foram configurados com valores superiores aos necessários, garantindo que as células não fossem descartadas por violação de SCR e MBS. O valor de CDVT foi de 10 microsegundos em todos os contratos para garantir uma baixa tolerância relativa à diferença entre os tempos de chegada das células dos seus respectivos tempos teóricos de chegada.

Conseqüências observadas: para os contratos com PCR entre 100000 cps e 109000 cps observou-se que pequenas regiões randômicas da imagem ficavam desatualizadas por períodos de tempo da ordem de décimos de segundos, sendo após este tempo atualizadas. Em outras palavras, pedaços pequenos da imagem ficavam sem “*refresh*”. Para os contratos com PCR entre 92000 cps e 99000 cps, observou-se um outro efeito, que ocorreu juntamente com o efeito descrito anteriormente. Foi nitidamente observada uma espécie de diminuição na taxa de quadros por segundo, como se toda a imagem ficasse desatualizada por períodos de tempo perceptíveis pelo olho humano. Obviamente, a intensidade destes efeitos foi inversamente proporcional ao PCR dos contratos, ou seja, quanto maior o PCR do contrato utilizado, menor é a intensidade dos efeitos. Para contratos com PCR abaixo de 92000 simplesmente nenhuma imagem apareceu na tela.

Deve-se observar que, para contratos com PCR superiores a 92000 cps, em nenhum momento houve uma grande paralisação da imagem e telas escuras não foram observadas (como aconteceu nos testes de SCR). As imagens mantiveram um nível de dinamismo compatível com o PCR dos contratos utilizados, sendo que a seqüência lógica dos vídeos foi mantida, possibilitando o entendimento. Apenas alguns detalhes da imagem foram perdidos, mas não a imagem inteira.

O gráfico da **!Argumento de modificador desconocido.** mostra o descarte de células ocorrido na transmissão consecutiva de todos os vídeos, aplicando-se um contrato UPC com PCR de 95000 cps. Observa-se que o descarte de células distribui-se de maneira uniforme durante toda a duração da transmissão, já que todos os vídeos necessitavam originalmente de um PCR de 110000 cps para serem transmitidos. Ou seja, durante toda a duração do teste houve descarte. É importante notar o seguinte fato: as diferenças na quantidade de células descartadas, observadas de uma amostra para outra, são resultado da variação no tamanho das rajadas de células, e não de grandes variações no PCR do stream. Estas variações existem, porém são pequenas e a maioria delas não causam descartes devido à tolerância conseguida através do parâmetro CDVT. Em outras palavras, quanto maior o tamanho das rajadas, maior o número de células que estão chegando com PCR

superior ao do contrato UPC, e conseqüentemente, um maior número de células são descartadas. E vice-versa.

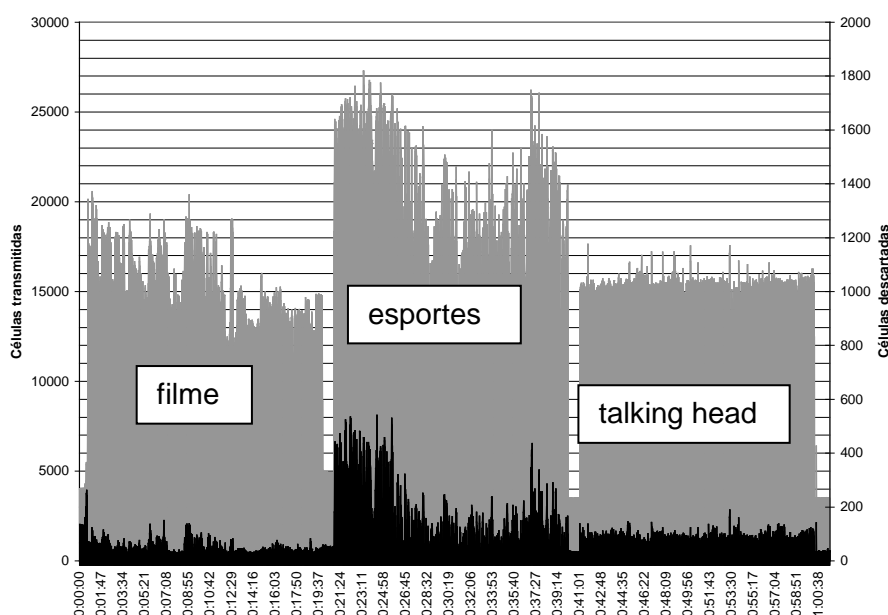


Figura 4 - Descarte por violação de PCR - (filme, esportes e *talking head*)

2.1.3 - Análise dos resultados

Para os vídeos dos tipos “filme” e “esportes”, o descarte de células por violação de SCR, limitando-se apenas os picos (diminuindo uma pequena porcentagem da taxa máxima de células por segundo observada nos vídeos originais), apresentou efeitos mínimos, que apareceram na forma de discontinuidades (imagens congeladas e telas escuras) de pequena duração. Estes efeitos não chegaram a comprometer a lógica das seqüências. Efeitos muito mais severos foram observados quando se efetuou o descarte por violação de SCR limitando-se a taxa de células pela média das amostras observadas nos vídeos originais. As discontinuidades causadas tiveram durações muito maiores, comprometendo severamente a lógica das seqüências, baixando a qualidade dos vídeos a níveis inaceitáveis.

Para o vídeo do tipo “*talking head*”, o descarte por violação de SCR apresentou conseqüências mínimas, tanto na limitação dos picos ou pela média, pois a diferença entre os picos e a média é pequena. Não houve comprometimento da lógica das seqüências.

Quanto aos efeitos causados pelo descarte por violação de PCR, para os três tipos de vídeos, observou-se que a degradação da qualidade das imagens se deu na forma de pequenas regiões cuja atualização foi retardada. E este efeito foi observado durante toda a duração dos testes. No entanto, a lógica das seqüências de vídeo não é comprometida. Observou-se também que, para o vídeo do tipo “*talking head*”, o descarte por PCR causou uma queda maior na qualidade do que o descarte por SCR, pelo pico ou pela média. A aplicação de um contrato UPC com PCR aproximadamente 16% menor do que o utilizado na transmissão (92000 cps em relação a 110000 cps), impossibilitou a transmissão.

Destas observações, conclui-se alguns fatos:

- Descarte por violação de SCR causa um efeito não constante (não ocorre todo o tempo) devido à variação no tamanho das rajadas. Ou seja, o descarte, e conseqüentemente os efeitos do mesmo, acontecem apenas nos momentos em que o SCR é violado (o tamanho das rajadas ultrapassa o MBS). Dependendo do tempo de duração da violação, vários quadros consecutivos podem ser descartados inteiros, afetando a lógica das seqüências de

vídeo, mas não a qualidade individual das imagens transmitidas em períodos de não violação.

- Descarte por violação de PCR causa um efeito constante (no sentido de ocorrer o tempo todo) se considerarmos que a fonte transmissora envia as células sempre com um mesmo PCR. A intensidade deste efeito depende da quantidade de células descartadas, sendo que o mesmo não afeta a lógica das seqüências de vídeo, uma vez que, respeitando-se certos limites, não ocorre a perda de quadros inteiros. No entanto, a qualidade de cada um dos quadros é afetada individualmente.

Não é possível afirmar com certeza por que a violação de SCR causa a perda consecutiva de quadros inteiros e porque a violação de PCR causa a perda de pequenas porções de imagem em cada quadro. Apenas como especulação, possivelmente o efeito observado pelo descarte por SCR é causado pela perda consecutiva de PDUs AAL5 contendo células que violam o contrato UPC, ou seja, células que estão no final de cada rajada. Este pode ser o motivo das imagens congeladas e das telas escuras, uma espécie de perda de sincronismo que interrompe o vídeo. Já a violação por PCR deve fazer com que PDUs sejam perdidos, mas de maneira não consecutiva, fazendo com que pedaços das imagens sejam perdidos.

2.1.4 - Teste com streams VBR e Multiplexação Estatística (VBR Overbooking)

Os *switchs* utilizados para os testes, por default, não são configurados para utilizar multiplexação estatística nas conexões VBR. O algoritmo de controle de admissão de conexões (CAC) reserva para as conexões VBR uma quantidade de largura de banda relativa, principalmente, ao valor de PCR especificado. Se a soma destas larguras de banda ultrapassar a capacidade de um dos *links* envolvidos na conexão, a mesma é rejeitada. *VBR Overbooking* faz com que o teste de admissão seja efetuado considerando-se uma capacidade maior do que a capacidade real de cada *link*. Isto é possível, pois considera-se que, no decorrer das conexões, em grande parte do tempo a soma das larguras de banda instantâneas não ultrapassa a capacidade de nenhum dos links envolvidos, devido à natureza variante da utilização de banda em conexões VBR.

Porém, se em determinados instantes a soma das larguras de banda efetivamente ultrapassar a capacidade de qualquer um dos *links* envolvidos, o link passa a transmitir células à capacidade máxima, utilizando *buffers* para armazenar as células que mesmo assim não puderam ser transmitidas, introduzindo *delays* na transmissão. Estes delays podem causar sérias conseqüências se as células afetadas transportarem vídeo ou áudio.

Para observar estes efeitos, o seguinte teste foi efetuado: dois sistemas de transmissão (AVA300) foram configurados para transmitir streams VBR, sendo um deles com PCR de 150000 cps na porta 1c4 e o outro com PCR de 250000 cps na porta 1a3, ambos direcionados para a porta 1c3 do switch, cuja capacidade é de 155,22 Mbps (ou 353207 cps). Nesta porta foi conectado um ATV300, através do qual um dos vídeos foi assistido. Notar que a soma dos PCRs dos dois streams (400000 cps) ultrapassa a capacidade da porta 1c3 (353207 cps). Foi necessário configurar um *overbooking* de cerca de 15% na porta 1c3 para que os VCCs pudessem ser estabelecidos.

Observaram-se efeitos severos na qualidade do vídeo assistido, evidenciando nitidamente o atraso a que as células estiveram sujeitas durante a transmissão. Além de muitos períodos de interrupção, as cenas que puderam ser assistidas pareciam estar em uma taxa de quadros muito mais baixa do que a configurada, que era de 30 quadros por segundo.

2.2 - Avaliações sobre a transmissão de streams CBR

A transmissão de streams de vídeo comprimidos, utilizando-se conexões com classe de serviço VBR, apresentam taxas de células que variam devido à compressão. Já na transmissão de

streams não comprimidos, utilizando conexões CBR, a utilização de banda, observada pela taxa de células, depende apenas do formato dos vídeos transmitidos, ou seja, da resolução utilizada, da taxa de quadros por segundo e da codificação utilizada (no caso, RGB 15 bits, RGB 24 bits ou mono 8 bits) e se o mesmo é entrelaçado ou não. Deve-se também levar em conta os *overheads* introduzidos pela transmissão com AAL5. É possível fazer uma estimativa aproximada da taxa de células que será utilizada, calculando-se o tamanho em bytes (e em células) de cada quadro da seqüência de vídeo, multiplicado pela taxa de quadros por segundo e somando-se os *overhead*.

Por exemplo, para um vídeo RGB 15 bits (2 bytes por pixel), 304x224, a 30 quadros por segundo, não entrelaçado, teríamos aproximadamente (sem contar o *overhead* e pequenas variações que podem ocorrer na taxa de células):

$$N = 304 * 224 * 2 * 30 * 1 = 4085760 \text{ bytes por segundo.}$$

Em células, considerando os 48 bytes de payload para cada célula teríamos:

$$N_c = N / 48 = 4085760 / 48 = 85120 \text{ células por segundo.}$$

O gráfico da **Utilização de banda por streams de vídeo CBR** mostra a taxa de células na transmissão de um vídeo com o mesmo formato (de 00:00:00 a 00:03:24), que posteriormente teve sua resolução diminuída para 304x112 (de 00:03:24 em diante). Observa-se que a taxa de células por segundo foi de aproximadamente 95000 células, ou seja, 12,6% a mais do que as 85120 células calculadas. Na segunda metade do gráfico, observa-se uma taxa de células de aproximadamente 54200 células por segundo, ou 27,3% de células a mais do que as 42560 células calculadas anteriormente.

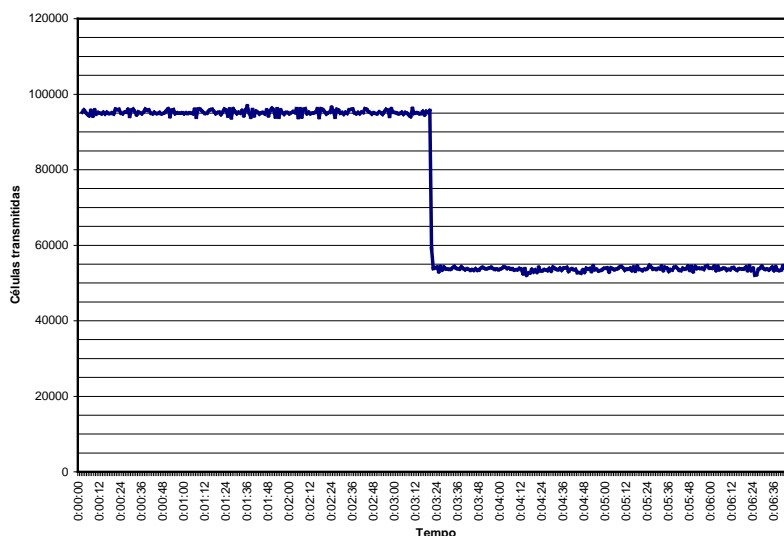


Figura 5 - Utilização de banda por streams de vídeo CBR

Outras estatísticas ainda podem ser feitas: se 9880 (de 95000 – 85120) células transportaram apenas o *overhead* em seus *payloads*, então, temos um *overhead* de 474240 bytes por segundo, indicando que 59280 PDUs AAL5 foram transmitidos. Utilizou-se um contrato UPC CBR0+1 aplicado ao VCC da conexão com o intuito de identificar quais os tipos de degradação na qualidade visual poderiam ocorrer. Verificou-se, no entanto, uma tolerância extremamente baixa em relação à perda de células, sendo que apenas algumas dezenas de células perdidas (por segundo) implicaram na interrupção das imagens. Para se ter uma idéia, a conexão CBR foi estabelecida com um PCR de 198100 células por segundo, sendo o efeito citado observado na aplicação de um contrato UPC com PCR de 198030 células por segundo. Valores intermediários também causaram descartes, mas não houve interrupção das imagens, e não foram observadas degradações na qualidade visual.

Uma das grandes vantagens na utilização de conexões com classe de serviço CBR, em termos de qualidade de serviço, é que as mesmas estão a salvo da introdução de *delays* observada em conexões VBR num sistema sobrecarregado devido a utilização de VBR *Overbooking*.

3 - Conclusões

As conclusões deste trabalho relativas às nuances envolvidas na transmissão de vídeo com garantia de serviço em redes ATM foram demonstradas ao longo da seção 2. Com os recursos utilizados na realização deste trabalho foi possível chegar a um bom nível de detalhamento nos resultados das análises. Obviamente, estudos mais aprofundados exigirão a implementação ou aquisição de ferramentas mais poderosas. Além disso, a utilização de um número maior de equipamentos como *switches*, e equipamentos de transmissão de vídeo conectados à rede aumentaria bastante a gama de testes que poderiam ser realizados.

Referências Bibliográficas

- [ATF96] The ATM Forum; "ATM Tutorial", 1996.
- [ATF96b] The ATM Forum; "Traffic Management Specifications Version 4", af-tm-0056.000, 1996
- [MOR95] Moreira, E. S.; Reami, E. R.; Pissoli, M; "Live Video for Distributed Multimedia/Hypermedia Applications: Directly Connecting Video Sources to TCP/IP Networks", proceedings do MIPRO95 – Multimedia and Hypermedia Systems, Opatija, Croatia, Dec. 1995 - ISBN 953-6042-10-X
- [MOR97] Moreira, E.D.S.; Encinas, W.S.; Ramos, A.C.B.; "Bringing wireless video to networked multimedia systems", Displays International Journal, Elsevier Science B. V., número 17, 1997, pg. 207-215
- [MUR97] J, Murphy, "Statistical Multiplexing", <http://thorung.eeng.dcu.ie/~murphyj/the/the/node19.html>
- [NAH95] Nahrstedt, K. & Steinmetz, R. "Resource Management in Networked Multimedia Systems". *IEEE Computer*, May 1995.
- [RAY96] Raychaudhuri D., "Wireless ATM Networks: Architecture, System Design and Prototyping," *IEEE Personal Communications*, pp. 42-49, Oct 1996.
- [RIL97] M. J. Riley, I. E. G. Richardson, *Digital Video Communications*, Artech House, Boston, MA, 1997.
- [TAN96] Tanenbaum, A.; "Computer Networks", 3rd edition, Prentice-Hall, 1996
- [SIR97] Sirivara, S.; "ATM Technology & Applications", <http://www.eece.unm.edu/students/sudheer/atm/atm3.html>
- [UME96] Umehira M., et al, "ATM Wireless Access for Mobile Multimedia: Concept and Architecture," *IEEE Personal Communications*, pp. 39-48, Oct 1996.
- [WAL96] Walke, B., Petras D., Plassmann D., "Wireless ATM: Air Interface and Network Protocols of the Mobile Broadband System," *IEEE Personal Communications*, pp. 50-56, Oct 1996.