

ESTUDO EXPERIMENTAL DE QUALIDADE DE SERVIÇO EM INTER-REDES IP

José Luiz A. da Fonseca
Tecnologia da Informação -TI
Petróleo Brasileiro S/A - PETROBRAS
Av. Rep. do Chile,65 suite 1602-A
20035-900 Rio de Janeiro RJ
joseluiz@petrobras.com.br

Michael A. Stanton
Instituto de Computação - IC
Universidade Federal Fluminense - UFF
Rua Passo da Pátria, 156 bloco E sala 350
24310-240 Niterói RJ
michael@ic.uff.br

RESUMO ESTENDIDO

A solução para que as redes IP recebam tráfego de aplicações multimídia de tempo real, e atendam aos seus requisitos, está em adicionar características Qualidade de Serviço (QoS – Quality of Service) a estas redes, permitindo que estas passem a contar com mecanismos que assegurem, dentro de certos níveis de certeza, que os requisitos de tráfego destas aplicações serão satisfeitos.

Como as redes de pacotes tradicionais (melhor esforço) não estabelecem nenhuma forma de garantir metas com relação a atrasos e perdas de pacotes, as aplicações de multimídia têm seu desempenho prejudicado em função da perda de pacotes e da variação do retardo imposto pela rede durante uma transmissão. É importante entender a causa que leva a estas situações de perda e retardo de pacotes ocorridas no trajeto dos pacotes pela rede. As perdas de pacotes em aplicações de mídia contínua são geralmente devidas ao descompasso entre a taxa de geração dos pacotes e a capacidade de transmissão do canal, que chamamos de largura de banda de rede. O retardo fim-a-fim depende de vários fatores, inclusive do nível de contenção dos recursos de rede. Além disto, pode haver uma variação no retardo, chamada jitter. Todos estes fatores, de perda e retardo de pacotes, bem como o jitter e a largura de banda de rede, são chamados parâmetros de QoS.

Descrevemos aqui uma abordagem experimental para a avaliação de QoS fim a fim, através da medição dos parâmetros de QoS supracitados, para uma aplicação multimídia interativa baseada no uso do Real Time Protocol (RTP), sem a necessidade de modificação desta aplicação. Esta abordagem permite avaliar suporte para QoS, provido a nível da camada de rede, por exemplo, usando DS (Serviços Diferenciados) [BLA98].

Será descrito aqui o caso mais simples, onde o trecho de inter-rede IP percorrido pelo tráfego consiste de apenas um único enlace serial (Figura 1). Para generalizar a topologias mais complexas, seria necessária apenas substituir este enlace pelo trecho de inter-rede apropriado.

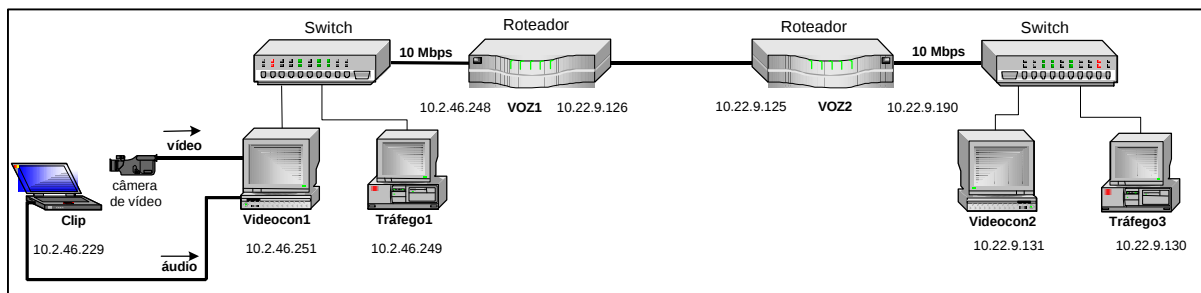


Figura 1 - Bancada de testes para efetuar medições de QoS

Basicamente, a bancada de testes permite examinar o efeito de haver concorrência para uso do enlace serial entre os dois roteadores de dois tipos de tráfego: o tráfego de videoconferência entre as estações Videocon1 e Videocon2, e o tráfego cruzado (sintético) entre as estações Tráfego1 e Tráfego3. Os roteadores usados no experimento eram da marca Cisco, modelo 2610 com IOS 12.1.5(T). Os dois tipos de tráfego foram gerados com os softwares NetMeeting 3.01 da Microsoft [MIC 99], e NetSpec 3.0 [JON 99], respectivamente. O tráfego de videoconferência é gerado captando o som e imagem de uma "clip" de vídeo, visualizado por um computador portátil.

Os parâmetros ajustáveis incluem:

- a banda do enlace disponível entre os roteadores;
- a disciplina de QoS implementada para acesso a este enlace;
- as características da transmissão da videoconferência;
- as características do tráfego cruzado.

Os primeiros dois itens são especificados através de configuração dos roteadores Voz1 e Voz2. No caso dos equipamentos usados, o sabor principal de QoS que pode ser usado é o DS (Serviços Diferenciados) [BLA98], e pode ser especificado PHBs que utilizam diversas disciplinas de fila, incluindo WFQ e prioridades. O controle das características da transmissão da videoconferência é através da escolha da codificação usada para o áudio, e pelo tamanho e taxa de quadros do vídeo. A qualidade do vídeo fica sob controle da aplicação, e não pode ser ajustado diretamente pelo experimentador. O software NetSpec permite gerar uma ampla variedade de tráfegos cruzados, usando TCP ou UDP, com especificação de tamanho dos pacotes e as características temporais (transmissão contínua ou em rajadas).

As estações Videocon1 e Videocon2 foram instrumentadas para realizar coleta de dados que pudessem ser utilizadas para calcular os parâmetros de QoS de interesse. Estes dados foram obtidos das mensagens SR (Sender Report) e RR (Receiver Report) do protocolo RTCP [SCH96]. Para a coleta de dados foram utilizadas o software TCPDump [TCPD] e sua versão para o ambiente Windows, WinDump 2.1 [DEO 00], que permitem acesso transparente aos pacotes RTCP geradas e recebidas por aplicações na mesma estação. O cálculo dos parâmetros de QoS envolve a correlação entre os dados coletados nas duas estações, e é realizado assincronamente. É discutido no que segue alguns detalhes deste cálculo.

Retardo

Há uma dificuldade prática em estimar o retardo fim-a-fim de um enlace, decorrente de pequenas defasagens de frequência e fase que há entre os relógios internos das máquinas. Portanto, o cálculo possível é do retardo de ida-e-volta no lado do transmissor, através dos pacotes RTCP tipo SR (Sender Report) e RR (Receive Report), que carregam informações de temporização. Com a indisponibilidade da referência de tempo usada pelo RTP, acessível apenas pela aplicação de videoconferência, é usada a referência de tempo do próprio WinDump associada à referência de tempo do RTP.

Jitter

O jitter é obtido diretamente a partir dos pacotes RTCP-RR enviados por Videocon2. Como o valor do jitter está expresso em unidades de amostragem, este valor precisa ser dividido pelo valor da taxa de amostragem do CODEC da mídia, para se obter um valor expresso em unidade de tempo.

Taxa de Perda de pacotes

A taxa de perda de pacotes é calculada a partir de dois pacotes RTCP-RR consecutivos, pois estes trazem a taxa acumulada de pacotes perdidos e o número de sequência do maior pacote RTP recebido até o instante de emissão do pacote RTCP-RR.

Banda de Rede Ocupada

A banda de rede ocupada mede a taxa de bits recebida pelo roteador Voz2 sobre o enlace Frame-Relay. Neste procedimento utilizamos o pacote RTCP-SR para calcular o tamanho médio do pacote RTP de mídia, que junto com dois pacotes RTCP-RR consecutivos, nos permite calcular a taxa de bits recebida durante este intervalo de tempo. A este valor devem ser acrescentados os bytes referentes aos cabeçalhos do RTP (12 bytes), UDP (8 bytes), IP (20 bytes) e Frame-Relay (6 bytes).

RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO

Nos experimentos realizados na bancada de testes descrita acima foram variados todos os parâmetros ajustáveis, de forma sistemática. Numa primeira bateria de testes foram realizadas mais de 40 combinações diferentes destes parâmetros. Os objetivos foram de verificar o efeito de uso de compressão (de áudio) sobre a banda necessário para a aplicação, e para verificar o resultado de uso de Serviços Diferenciados para proteger a QoS da videoconferência numa ambiente hostil, onde o enlace compartilhado estava sendo saturado por tráfego cruzado.

Um primeiro resultado importante é a comprovação de que as técnicas de compressão podem ser um fator essencial para viabilizar uma sessão de videoconferência pessoal, na medida em que reduzem os requisitos de banda de rede necessários para a transmissão de mídia em tempo real. Quando a demanda de banda pela aplicação de videoconferência excede a banda disponível no gargalo (o enlace serial), foi observado que aumentaram dramaticamente o retardo e a taxa de perdas, indicando deterioração da QoS. Quando o uso de compressão de mídias faz cair a demanda de banda para abaixo da disponível, então os parâmetros de QoS indicam uma quase perfeição do tráfego entregue.

Em seguida é mostrado que utilizar mecanismos que QoS nos permite garantir a banda necessária para obter um excelente rendimento do tráfego da videoconferência, mesmo na situação de concorrência para acesso ao enlace de forte tráfego cruzado. No caso, os dois

tráfegos foram classificados em classes DS diferentes, e foi configurado o PHB da classe de videoconferência para dar-lhe tratamento diferenciado do tráfego cruzado. Foram experimentados as disciplinas de WFQ (simples reserva mínima de banda) e filas com prioridade (para o tráfego de videoconferência). Em ambos casos, foi demonstrado que podia ser garantida a QoS do tráfego da videoconferência, mesmo quando o tráfego agregado era muito superior em volume à capacidade do gargalo. As diferenças entre as duas disciplinas afetavam principalmente o jitter.

Estes resultados preliminares demonstram a eficácia da arquitetura de Serviços Diferenciados, ao permitir a coexistência na mesma inter-rede IP de tráfego de tempo-real e tráfego de melhor esforço, mesmo em condições de congestionamento extremo.

No caso específico da Petrobras, o suporte para o transporte de videoconferência pessoal antes era feito pelo aluguel de um canal internacional dedicado, distinto daquele usado para o transporte de outras aplicações de rede, o que resulta num custeio maior do que o uso de um canal compartilhado. Neste caso, a separação do tráfego por software (uso de Serviços Diferenciados) sai mais barato do que por hardware (canais de telecomunicações separados).

Futuros trabalhos investigarão o caso de inter-redes maiores, no contexto de redes corporativas, ou de backbones regionais/nacionais, e darão atenção ao gerenciamento de QoS, para possibilitar o uso em larga escala de integração de serviços em inter-redes IP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [BLA 98] BLAKE, S. et al. **RFC 2475: An Architecture for Differentiated Services**, IETF, Dec., 1998. Documento disponível em <http://www2.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>
- [BRA 94] BRADEN, R.; Clark, D. e Shenker, S., **RFC 1633: Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview**, IETF, June, 1994. Documento disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc1633.txt>
- [CIS 99] Cisco Systems Inc., **Low Latency Queueing**, 1999. Documento disponível em <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios120/120newft/120t/120t7/pgcbwfg.pdf>
- [CIS 00] Cisco Systems Inc., **Class-Based Weighted Fair Queueing**, 2000. Documento disponível em <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios120/120newft/120t/120t5/cbwfq.pdf>
- [DEM 90] DEMERS A., et al., **Analysis and Simulation of a Fair Queuing Algorithm**, Internetworking: Research and Experience, Vol. 1, No. 1, pp. 3-26, 1990.
- [DEO 00] DEOGIOANNI, L. et al., **WinDump: TCPdump for Windows**, Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino, Italia, March, 2000. Documento disponível em <http://netgroup-serv.polito.it/windump/>
- [JON 94] JONKMAN, R., **NetSpec: Philosophy, Design and Implementation**, University of Kansas, Holanda, 1994. Documento disponível em <http://www.itc.ukans.edu/netspec/docs/roel.ps>
- [MIC 99] Microsoft Corporation, **Microsoft NetMeeting 3 Resource Kit**, December, 1999. Documento disponível em <http://www.microsoft.com/windows/NetMeeting/Corp/reskit/About/default.asp>
- [SCH 96] SCHULZRINNE, H. et al., **RFC 1889: RTP - A Transport Protocol for Real-Time Applications**, IETF, 1996, 75pp. Documento disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>
- [TCPD] **TCPDUMP/LIBPCAP homepage**, <http://www.tcpdump.org/>