

UM ALGORITMO ADAPTATIVO DE TRANSMISSÃO PARA SERVIÇOS DE VOZ SOBRE REDES IP

Obionor Nóbrega, Judith Kelner, Djamel Sadok e Thienne M. S. Mesquita
Centro de Informática - Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

P.O. Box: 7851, ZIP: 50732-970, Recife - PE - Brasil
Phone.: +55 81 3271-8430 r. 3301, Fax: +55 81 3271-8438
E-mail: {oon, jk, jamel, tmsm}@cin.ufpe.br

Resumo

Este artigo tem por objetivo apresentar a proposta de um algoritmo adaptativo que aumente a eficiência dos pacotes de voz transmitidos em uma rede que utilize o serviço de voz sobre IP, variando de acordo com o atraso total fim-a-fim dos pacotes. A análise de desempenho deste algoritmo é feita através de simulação, utilizando a ferramenta *Network Simulator*. Resultados da simulação são apresentados, comparando o desempenho dos *vocoders* atuais com os que utilizaram o algoritmo proposto.

Palavras-chave: Internet: serviços e aplicações, Voz sobre IP, Multimídia.

Abstract

This article presents an adaptive algorithm that increases the efficiency of the transmitted voice packets in a network that uses voice over IP, by varying in accordance with the end-to-end delay of the packets. An analysis of the algorithm's performance is done using the "Network Simulator" tool. Simulation results are presented, comparing the performance of current vocoders with those used by the considered algorithm.

Keywords: Internet: services and tools, Voice over IP, Multimedia.

1 Introdução

Voz sobre IP ou VoIP (*Voice over IP*) refere-se ao fluxo de voz sobre pacotes transportados sobre redes que utilizam o *Internet Protocol* (IP – Protocolo Internet), para terminais onde o fluxo é decodificado usando o sinal de voz. Estes terminais podem ser computadores ou até telefones convencionais analógicos. Neste caso, porém, um *gateway* é requerido para converter os pacotes de áudio para o formato analógico que o telefone é capaz de reproduzir[1].

O protocolo IP oferece um serviço sem orientação à conexão baseado em datagramas, que não garante a entrega a tempo dos datagramas, sua chegada ao destino na ordem correta e nem que eles cheguem ao destino. Os roteadores fazem o melhor que podem, se esforçando ao máximo, mas não podem fazer garantias da entrega dos pacotes. Esse tipo de serviço sem conexão é conhecido como serviço de Melhor Esforço (BE - *Best Effort*)[2].

No serviço de Melhor Esforço, a rede tenta encaminhar todos os pacotes o mais rápido possível, mas não pode dar qualquer garantia quantitativa sobre a qualidade de serviço. Além disso, o tráfego de dados é por natureza imprevisível e em rajadas, de modo que surgem problemas como congestionamento e atrasos.

Controlar o atraso é o ponto chave na tecnologia de Telefonia IP para permitir seu uso em larga escala. Há soluções que prevêm sua utilização em redes cujo tráfego seja conhecido e controlado, o que não é o caso da Internet. Algumas medidas podem ser tomadas no sentido de controlar a rede com este tipo de serviço(BE)[3,4] e assim seu atraso, como por exemplo: o

uso de equipamentos de rede que possibilitem um controle de qualidade de serviço, seja ele através da priorização de pacotes ou através da reserva de recursos na rede, entre outros.

Analisar o comportamento e as características dos serviços de telefonia nas redes IP sem Qualidade de Serviço (QoS) e apresentar um algoritmo adaptativo de carga dos *vocoders* para telefonia IP, em uma rede sem qualidade de serviço é a principal motivação deste artigo.

2 Compressão de sinais

Para reduzir a banda do canal necessária para a transmissão de voz digitalizada são utilizadas técnicas de compressão de voz. Isto deve ocorrer em tempo real para possibilitar a comunicação e interação. Existem algoritmos[22] que permitem reduzir a banda necessária para transmissão de voz, a fim de viabilizar sistemas de comunicação digital com taxas bastante reduzidas e uma qualidade semelhante ao sistema público de telefonia analógica.

Os *vocoders* analisam o conteúdo espectral do sinal da fala e identificam os parâmetros que são entendidos pelo ouvido. Estes parâmetros são transmitidos e usados na recepção para sintetizar o padrão da voz. A forma de onda resultante pode não ser semelhante à original, mas as diferenças não são percebidas ou, ainda que o sejam, são consideradas aceitáveis para a aplicação.

A Tabela 1 a seguir mostra os principais algoritmos de compressão de áudio de voz padronizados por órgãos internacionais como *International Telecommunication Union* - ITU-T e *Telecommunication Industries Association* - TIA. A utilização de algoritmos padronizados é importante para a interoperabilidade do sistema. Maiores detalhes sobre este tópico podem ser encontrados em [19,22].

Vocoders	Algoritmo utilizado
G. 711	PCM
G.723.1	MPL-MLQ
G.726	ADPCM
G.728	LD-CELP
G.729.a	CS-ACELP

Tabela 1: Tipos de *vocoders*

3 O atraso na telefonia IP

Em um sistema de telefonia IP, vários fatores afetam a qualidade acústica final que chega ao usuário[5]. A qualidade do meio de transmissão é também fundamental, pois uma grande quantidade de erros pode ser inserida no meio, além de perdas ocasionais de pacotes.

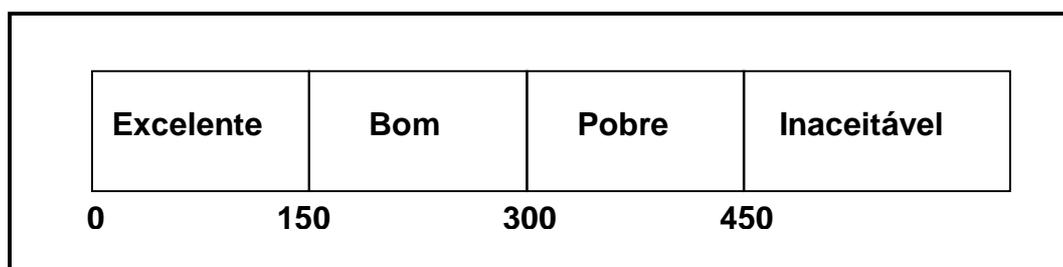


Figura 1: Atraso em um sentido em milissegundos

Além disto, outro grande fator característico da qualidade é o atraso da voz, desde o momento em que é pronunciada até o momento em que é reproduzida. Muitos fatores atuam no sentido de aumentar este atraso, os quais serão introduzidos na próxima seção.

A recomendação G.114 da ITU-T [27], define como mostra a Figura 1 os valores em milissegundos aceitáveis para o atraso[6].

4 Problemas gerado pelo atraso

O atraso percebido num ambiente de telefonia IP, é gerado por uma série de pequenos atrasos[7], como ilustrado na Figura 2, e são:

Atraso na formação do pacote: tempo necessário para o preenchimento do pacote de voz a ser enviado. Os pacotes de voz são determinados pelo tamanho do vetor ou célula gerada pelo *vocoder* multiplicado pelo número de células que compõe este pacote. Atrasos médios são da ordem de 20 a 30ms para a formação de um *frame*. A maioria dos sistemas existentes, utilizam na formação de pacotes, geralmente um ou dois frames de voz por pacote[7,24], o que pode reduzir a eficiência do sistema, visto que o conteúdo do pacote é reduzido em relação ao tamanho total do pacote.

Atraso gerado pela rede: tempo necessário para o transporte do pacote, pela rede, entre o terminal origem até o terminal destino. É um tempo variável e que pode comprometer o sistema. Estima-se que este tempo total seja a soma do tempo gasto em todos os roteadores da rede, além dos tempos gastos nos sistemas de transmissão dos próprios terminais.

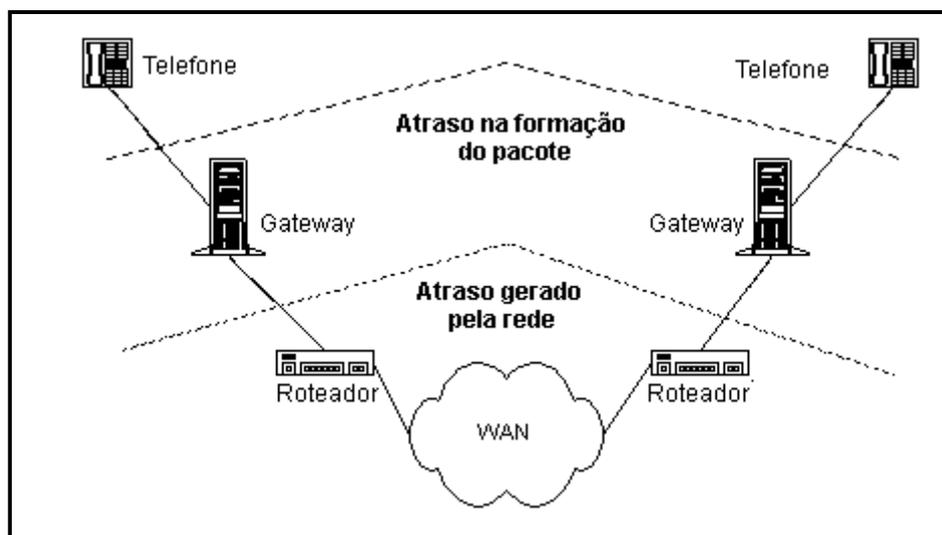


Figura 2: Tipos de atrasos

4.1 Atraso na formação do pacote

A seguir será detalhada a geração desses atrasos na formação dos pacotes.

- Interface com a rede telefônica: a rede telefônica utiliza-se de interfaces T1/E1 para que seus feixes de voz sejam convertidos para uma interface interna do *gateway*. Tipicamente esta conversão não é maior que 1ms.
- DSP: um processador interno (DSP – *Digital Signal Processing*) é normalmente dedicado para executar várias funções. Dada a sua grande complexidade, algumas destas funções são: compressão e descompressão da voz, detecção de silêncio, detecção e geração de

tom, cancelamento de eco, etc. Este processamento é chamado de codificação de voz ou *vocoder*. Destacam-se dois pontos a serem analisados:

1 - Atraso de empacotamento: os *vocoders* mais eficientes permitem que um quadro de voz seja tratado de uma única vez. Isto permite que instruções especiais possam ser usadas, garantindo a eficiência de soluções de telefonia IP de alta densidade. Assim, várias amostras de voz são tratadas simultaneamente.

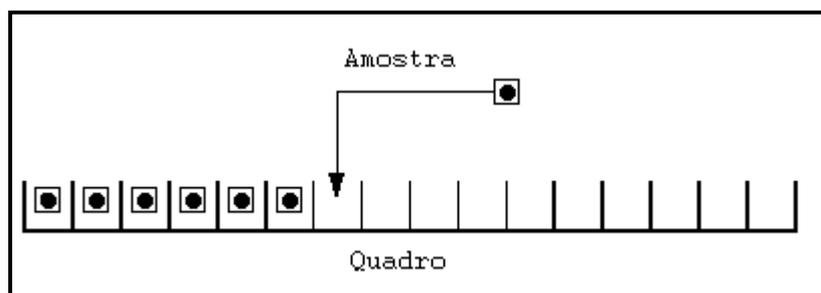


Figura 3: Empacotamento das amostras de voz

Este procedimento, porém tem uma desvantagem, nenhum dos dados pode ser processado até que o quadro esteja completamente cheio, como ilustrado na Figura 3. Como a taxa de geração de amostras é normalmente 8000 vezes por segundo, o tamanho do quadro vai então interferir diretamente no atraso final. Um quadro de 100 amostras vai demorar então 12,5ms, por exemplo.

A tabela 2 mostra os principais *vocoders* e os tempos inseridos para formação do quadro[8].

<i>Vocoder</i>	Banda (em bits/s)	Duração do quadro (em ms)	Tamanho do Quadro (em bytes)
G.711	64000	15	120
G.723.1	5300-6300	30	24
G.729 ^a	8000	10	10

Tabela 2: *Vocoders* e seus tempos de empacotamento

2 - Tempo de processamento: depois que o quadro (veja Figura 3) foi preenchido, o DSP deve processar o sinal de forma a resultar num sinal já codificado. Existe um tempo de processamento variável em função do poder de processamento do DSP. Se o elemento que estiver processando não for um DSP, como em computadores pessoais usados para telefonia IP, o tempo é gasto pelo processador central do sistema.

Sistemas de alta densidade podem, ainda, usar o mesmo processador para vários canais, de forma a aumentar o tempo de processamento final. Todavia este tempo normalmente é menor que o tempo de quadro, de forma que o processador já esteja ocioso na chegada do próximo quadro[9].

- Manipulação do Pacote

A manipulação de pacote é feita usando os seguintes processos:

1 - *Buffering*: é o processo efetuado sobre o pacote até que ele seja enviado para a rede, como passagem por *buffers* de saída, transmissão do DSP para a CPU, entre outros. Na recepção, ainda, pode-se identificar um elemento chamado *buffer* de supressão de *jitter*. Entre o DSP, responsável pela criação do pacote a partir do fluxo de voz, e a CPU,

responsável pelo envio para a rede, podem também haver *buffers* possivelmente implementados por hardware que podem também incluir atrasos em função do tamanho do pacote. Por exemplo, um quadro do *vocoder* G.723.1 é maior que o quadro do G.729 em quase três vezes. Assim, se num mesmo *gateway* dois canais diferentes usarem estes *vocoders* simultaneamente, podem ser incluídos três pacotes G.729 para cada G.723.1, afim de facilitar a manipulação dos *buffers*. Conseqüentemente, isto ocasionará um atraso adicional aos quadros do canal G.729.

2 - Empacotamento: na CPU, os quadros são então montados em pacotes, para serem enviados pela rede. Este processo é feito pela pilha de protocolos TCP/IP. Os protocolos RTP(*Real-Time Transport Protocol*), UDP(*User Datagram Protocol*) e IP atuam sobre os quadros, de forma a obter como resultados pacotes com tratamento específico para a aplicação. Neste caso, a preocupação é a redução do tempo perdido com confirmação e retransmissão, ausentes nestes protocolos.

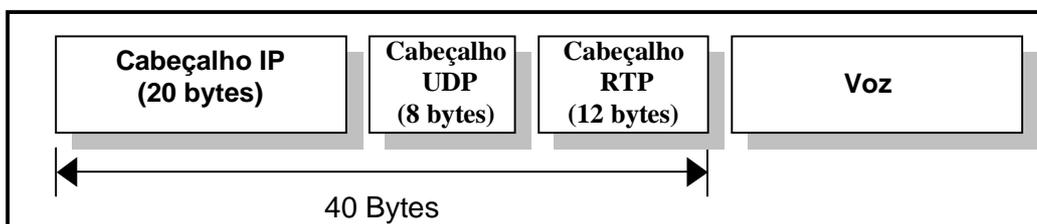


Figura 4: Cabeçalho do pacote de voz

Considerando os três cabeçalhos, como mostra a Figura 4, tem-se 40 bytes para informações como endereço, portas de serviços utilizadas, identificação do fluxo de voz, número de seqüência, entre outros.

Para um pacote contendo voz no formato G.723.1, tem-se então, 40 bytes de cabeçalho para 24 bytes de voz, para transmissão de um único quadro, gerados a cada 30ms, representado assim uma eficiência de apenas 37,5%. Uma opção é a inclusão de vários quadros no mesmo pacote, de forma a aumentar esta eficiência, como exemplificado na Figura 5.

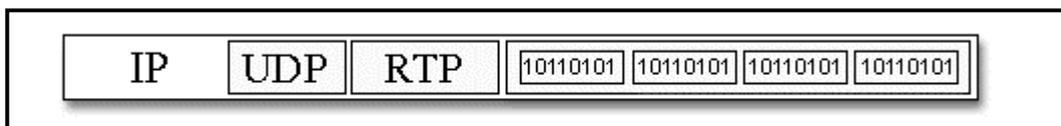


Figura 5: Pacote de voz

Isto, porém, inclui um atraso igual ao número de quadros adicionais vezes o tempo de formação do pacote. Esta prática pode ser utilizada, por exemplo, junto ao uso do *vocoder* G.729, pois o tempo de formação do pacote é baixo.

Uma alternativa para aumentar a eficiência é a inclusão de outro canal no mesmo pacote. Isto porém, só é possível se o endereço de destino é o mesmo, como no caso que ocorre entre dois *gateways*. Esta alternativa não está prevista no padrão H.323[26], mas pode ser usada em aplicações proprietárias[10].

3 - *Jitter* : a variação do atraso é conhecida como *jitter* . É interessante observar no atraso gerado pela rede, que seu valor varia muito em função do ambiente e ao longo do tempo, sendo impossível dimensioná-lo se estiver baseado nas redes IP convencionais. Se

todos os pacotes recebessem o mesmo atraso, este atraso seria propagado integralmente sobre a voz e seria o atraso final da voz. O problema é a variação deste atraso. Como os pacotes chegam com diferentes atrasos, estes pacotes não podem reproduzir a voz diretamente ao usuário, pois, desta forma a voz sofreria cortes em função de atrasos maiores.

4.2 Atraso gerado pela rede

Uma vez que os pacotes estão prontos para serem enviados, uma série de atrasos, ainda, podem ser incluídos de forma a aumentar, em muito, o atraso final. Eles estão relacionados com o processo de transmissão do pacote pela rede:

- Atraso de acesso ao meio - Este atraso é incluído todas as vezes que um pacote passa por um meio físico diferente. Por exemplo, se um pacote utiliza um modem analógico de 28800 bps cada byte tem um tempo de transmissão de 0,35s. Assim, para um pacote de 100 bytes será agregado um atraso de 35ms.
- Atraso de roteamento - A rede IP é uma rede comutada por pacotes, isto implica que existem roteadores que determinam o caminho do pacote pela rede, durante seu trajeto, de forma que sua rota não seja definida a priori e possa mudar dinamicamente durante o trajeto do pacote. A política normalmente utilizada pelos roteadores é a política do Melhor Esforço, conforme mostrado anteriormente[11]. Desta forma, os pacotes recebem atrasos adicionais nas filas dos roteadores e podem até ser descartados, caso o roteador não tenha capacidade suficiente para atender à demanda de tráfego.
- Atraso em firewalls e proxy - Equipamentos do tipo *firewall* e *proxy* podem ser encontrados ao longo da rede IP, com a finalidade de adicionar segurança ao sistema. Estes equipamentos, além de adicionarem outros *buffers* ao sistema, têm de verificar o conteúdo do pacote, que pode necessitar de um tempo razoável, caso o equipamento não tenha boa resposta de processamento.

5 Algoritmo Adaptativo de Tamanho de Pacotes – APSM

O algoritmo APSM (*Adaptive Packet Size Module*) aproveita a disponibilidade dos recursos computacionais de uma rede de dados sem QoS, para aumentar a eficiência dos pacotes de voz na telefonia IP.

Para se entender melhor a aplicabilidade deste algoritmo, é tomado como referência uma rede pública de dados, como é o caso da Internet. Neste tipo de rede, existem horários de grande fluxo de informações, que geram congestionamentos na rede, atrasos, perdas e descartes de pacotes, conhecido como horário de pico. Porém, existe também o oposto, ou seja, o horário em que a rede está com tráfego de dados menos intenso, onde os atrasos são aceitáveis, assim como as perdas e os descartes de pacotes. É exatamente para este caso que o algoritmo APSM é sugerido.

A grande maioria dos estudos e pesquisas feita atualmente visa o melhor aproveitamento da rede em suas piores condições[20], devido a isto deve-se o aparecimento do conceito de Qualidade de Serviços, que tende a prover determinado padrão caso a qualidade do tráfego da rede se deteriore, ou seja, sempre visando o pior estado da rede.

A idéia principal do algoritmo proposto é melhorar a eficiência do tráfego de dados úteis em uma rede de pacotes quando esta se encontra com uma boa qualidade de tráfego. Este algoritmo funciona em conjunto com os vocoders utilizados para voz sobre IP, como mostra a Figura 6.

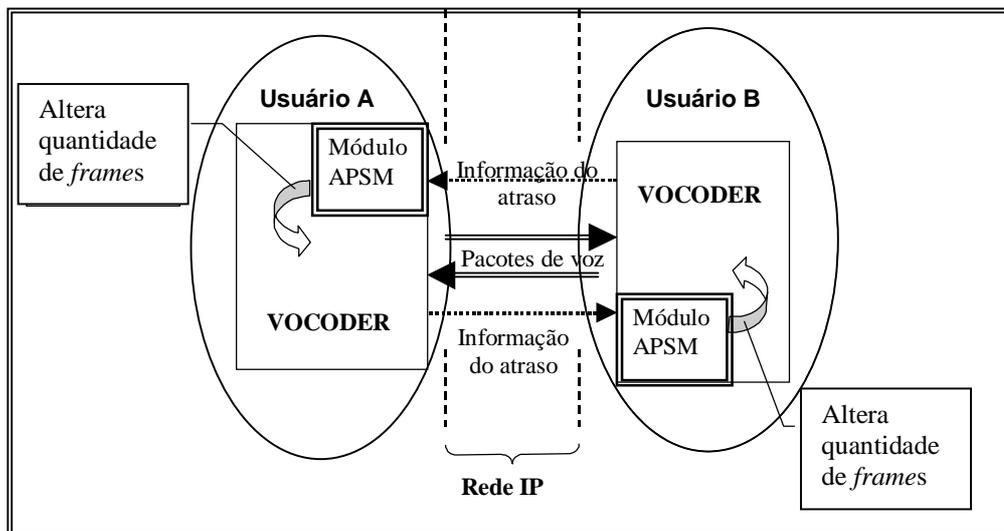


Figura 6: Funcionamento do conjunto vocoder e algoritmo APSM

O algoritmo APSM aproveita a ideia básica de funcionamento de um *vocoder* e insere um módulo que recebe as informações de *feedback* da qualidade da rede em uma conversação, através do campo DLSR do protocolo RTCP padrão. Assim, é realizada uma análise do tempo de atraso dos pacotes. Caso o tempo esteja dentro do padrão esperado pelo algoritmo APSM, que é no máximo 100ms, este comunica-se com o módulo de empacotamento do *vocoder* para aumentar a carga útil do pacote de voz

Os cabeçalhos IP, UDP e RTP (como abordado na seção 4.1) são incorporados a todos os pacotes de voz antes de serem enviados à rede em uma conversação VoIP. Como *feedback* da qualidade da rede, o receptor envia um pacote RTCP para o transmissor assim que recebe um pacote contendo o cabeçalho RTP. Para o desenvolvimento deste algoritmo, usar-se-á o campo *Delay Since Last SR (DLSR)* do cabeçalho *receiver Report* do pacote RTCP para realizarem-se medições do atraso da rede, como mostra a Figura 7.

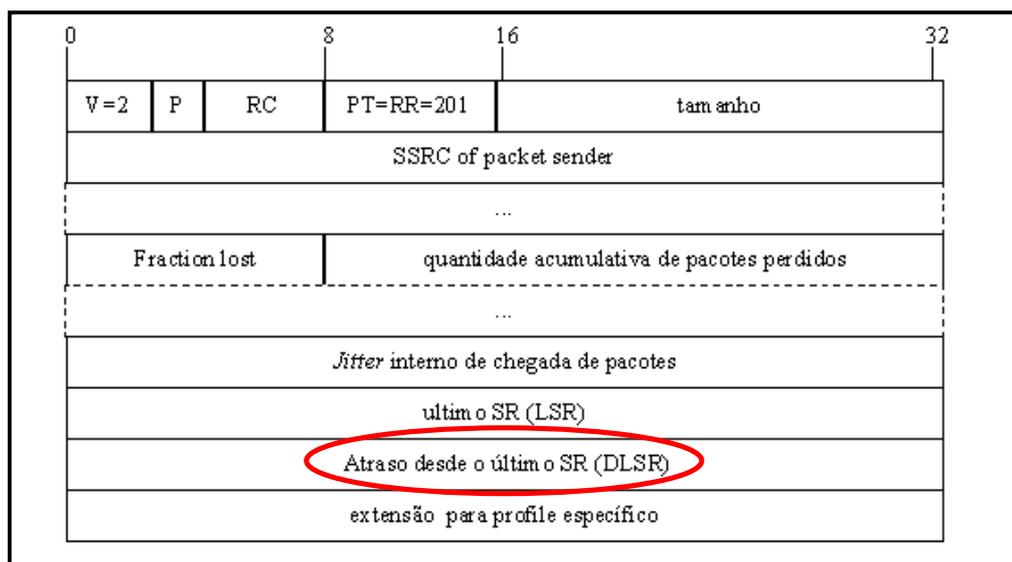


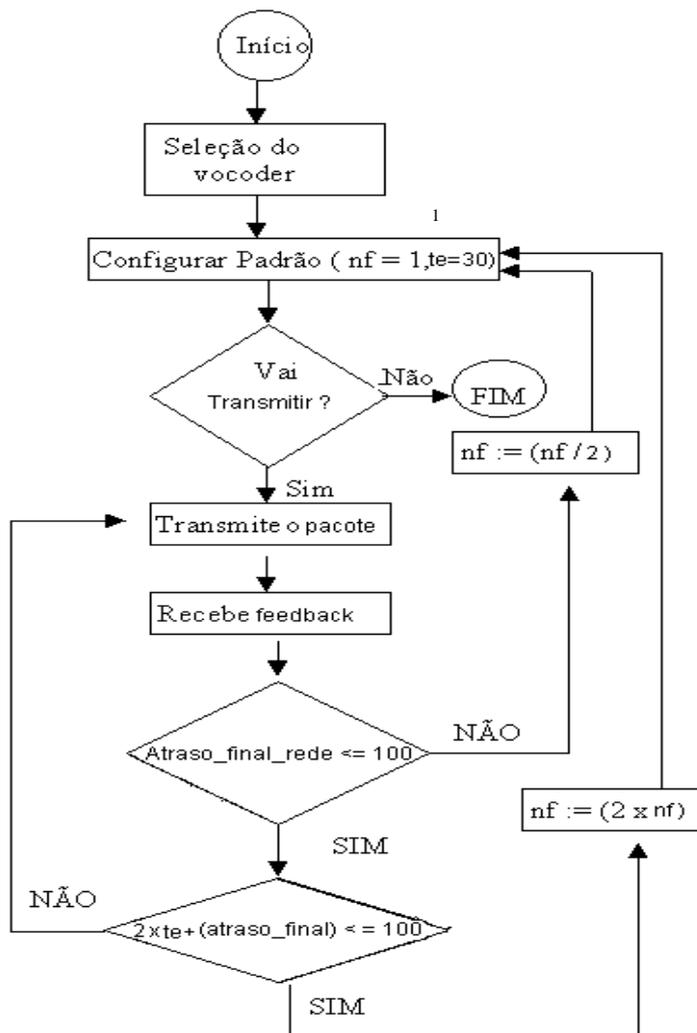
Figura 7: Campo utilizado do Pacote RTCP

O algoritmo APSM monitora o atraso dos pacotes em uma rede, e recebendo este valor como entrada, checka se está dentro dos padrões de atrasos previstos para o *vocoder* selecionado. Estudos comprovam que um atraso total, para uma ótima qualidade de conversação, ou seja, atraso de empacotamento mais atraso da rede, seja aproximadamente de 70 a 100ms em um sentido[3], caso o valor do campo DLSR adicionado aos atrasos internos seja inferior a 100ms (valor pré-definido), o algoritmo APSM aumenta a carga útil dos pacotes de voz, melhorando assim a eficiência das cargas trafegadas na rede.

O algoritmo APSM é adaptativo, ou seja, no momento em que um atraso final é superior a 100ms, este algoritmo é ativado para reduzir o número de *frames* calculado anteriormente para o numero padrão da carga útil dos pacotes de voz, ou seja, a quantidade de *frames* por pacotes de voz volta a ser a padrão.

5.1 Fluxograma do Algoritmo APSM

Esta seção apresenta o fluxograma simplificado do algoritmo APSM para uma melhor análise e entendimento dos seus procedimentos usados pelo algoritmo APSM . É importante salientar que este algoritmo funciona em conjunto com um *vocoder* selecionado pela aplicação de voz.



¹ Neste fluxograma as siglas nf e te significam número de frames e tempo de empacotamento respectivamente.

6 O modelo de simulação

Esta pesquisa fez uso do simulador de redes *Network Simulator – NS* [13] versão 2, que está sendo desenvolvido dentro do projeto VINT[21], por algumas universidades e centros de pesquisa americanas para desenvolver as simulações necessárias. O *NS* possui funcionalidades específicas para simular a Internet, o que o torna uma ferramenta poderosa para configurar rapidamente simulações complexas e também, para comparação de resultados de pesquisas.

6.1 Topologia da simulação

A topologia adotada para a simulação foi baseada na topologia real da Rede Nacional de Pesquisa - RNP. Para criar um cenário nesta topologia, utilizou-se parte do modelo aplicado por Sawashima [14] para tráfegos de áudio em redes WAN (*Wide Area Networks*).

O cenário representa uma situação onde fontes FTP (*File Transfer Protocol*) estão conectadas a roteadores (Brasília e Recife) por enlace variando entre 128Kbps a 1Mbps com um atraso de 1ms. Os roteadores estão interligados por um enlace de 2Mbps que representa um enlace ponto-a-ponto E1 de longa distância, com um atraso de 20ms representando o “gargalo” na topologia[28], como ilustra a Figura 8.

Para esta simulação considera-se que todo o tráfego é de Melhor Esforço com filas gerenciadas pelo mecanismo *Drop Tail* (FIFO), como uma melhor forma para modelar a Internet atual.

Neste cenário é representada uma situação onde uma conexão de voz é estabelecida e fontes-origem enviam pacotes FTP para fontes-destino para gerar o tráfego da rede. Utiliza-se 16 fontes FTP para representar o fluxo em *background* na rede. O tráfego de voz entre as cidades de Rio Branco e Maceió foi parametrizado em pacotes UDP de acordo com as aplicações de áudio na Internet [23].

6.2 Aplicação e comportamento do usuário de voz

Para simular um usuário de voz serão utilizados pacotes UDP com fontes ON/OFF com o tempo ocioso (*idle time*) sendo exponencialmente distribuído, o que caracteriza melhor uma conversação na Internet. Com uma média ON (fonte ativa) de 360ms e média OFF (fonte desativada) de 640 ms [18].

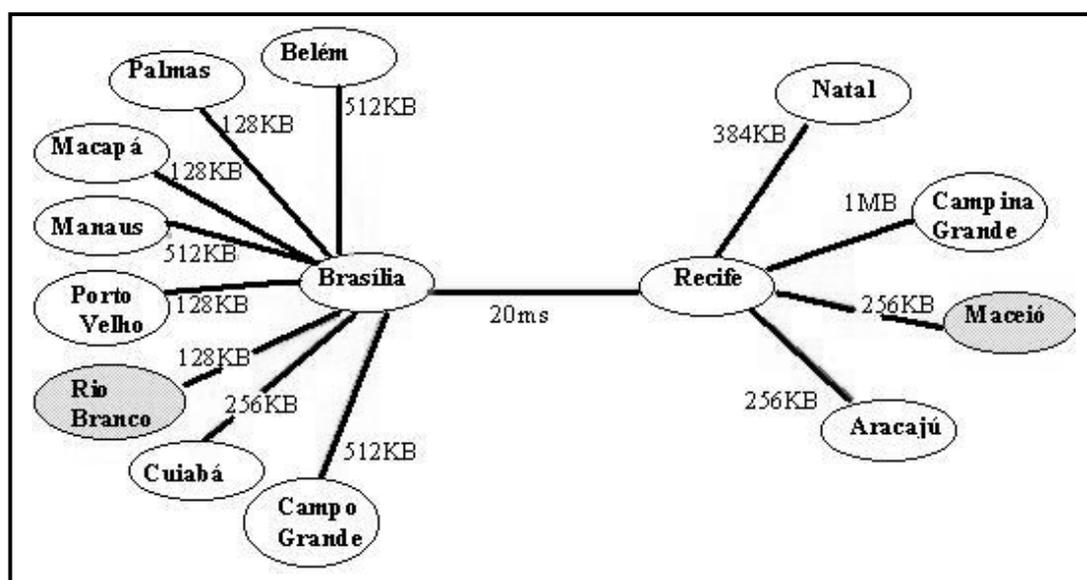


Figura 8: Cenário da RNP para a simulação

Nesta simulação foram utilizados os codificadores de voz que geram apenas *frames* de tamanho fixo por unidade de tempo fixa, excluindo-se assim todos os que utilizam a técnica de amostragem. Isto se deve ao fato de que é necessário ter-se valores constantes com o objetivo de se incluir mais *frames* e manter o atraso final do pacote de VoIP dentro de padrões aceitáveis.

Segundo a RFC 1890 [24], que trata da configuração do RTP para conferências de áudio, os seguintes *vocoders* de áudio ilustrados pela Tabela 3 utilizam *frames* em sua geração.

Vocoders	Tempo gasto por pacote em milissegundos	Quantidade de frames por pacotes padrão	Tamanho do frames em Bytes
G.723	30	1	24
G.728	20	8	5
G.729	20	2	10
GSM	20	1	33
LPC	20	1	14

Tabela 3: Principais *vocoders* e suas características

6.3 Métricas de avaliação

Basicamente foram utilizadas três métricas para avaliar o desempenho do algoritmo APSM:

- Atraso (*delay*) : representado pelo atraso fim a fim entre fonte e destino;
- Variação do atraso (*Jitter*): valor absoluto entre os tempos de chegada (*c*) de dois pacotes consecutivos menos os seus tempos de saída (*s*), ou seja, $|(c_j - s_j) - (c_i - s_i)|$;
- Quantidade de carga útil: taxa de dados úteis que está sendo recebido pelo receptor. Entende-se por dados úteis ou carga útil, apenas os *frames* de voz de um pacote, excluindo-se os cabeçalhos.

7 Resultados obtidos

Para se avaliar o desempenho do algoritmo APSM foram feitas uma série de medições nos pontos “Rio Branco”, “Brasília”, “Recife” e “Maceió”. Como o objetivo foi aumentar a eficiência dos pacotes de voz transmitidos a partir de uma rede sem QoS, do nó Rio Branco para o nó Maceió foram aplicadas medições com e sem o uso do algoritmo proposto.

Inicialmente será apresentado, através de um gráfico, o comportamento da carga útil dos pacotes de voz ao longo da simulação, diferenciando os pacotes que utilizaram a técnica proposta pelo algoritmo APSM com os pacotes que não a utilizam. Um segundo gráfico mostrará o comportamento do atraso dos pacotes sem o uso do APSM comparado com o atraso dos pacotes que utilizaram o algoritmo, e por fim um gráfico que mostra o *jitter* entre os fluxos de pacotes com e sem o uso do algoritmo proposto.

Para analisar a eficiência do tráfego de pacotes de voz, foram contabilizados todos os procedimentos de fluxo de voz realizados durante o tempo da simulação, assim como a quantidade de dados úteis para cada pacote de voz gerado. O Gráfico 1 mostra a quantidade de bytes úteis de voz que trafega durante o tempo da simulação.

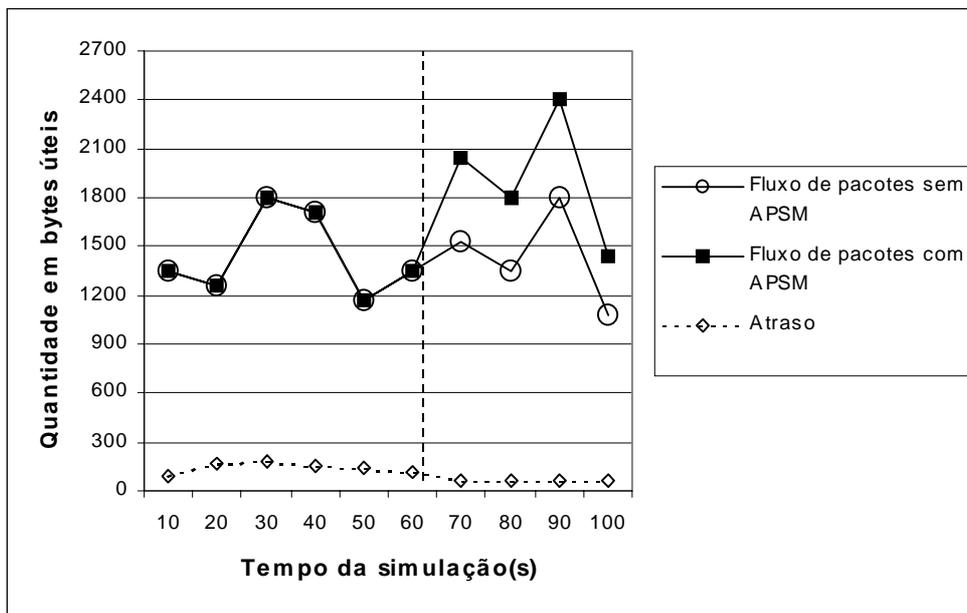


Gráfico 1: Carga útil dos pacotes G.723

O tamanho padrão de cada *frame* gerado pelo codificador G.723 na taxa de 6.3 kbps é de 24 bytes[25], adicionado aos 40 bytes do cabeçalho padrão de um pacote IP, resulta em um tamanho de pacote total de 64 bytes, o que significa apenas 37,5% de eficiência dos dados úteis, ou seja, apenas 37,5% do tamanho total do pacote é voz. No instante 50s, como explicado na seção 6.6, há uma melhora no fluxo de pacotes na rede, resultando em um menor atraso para os pacotes de voz, o que é detectado no instante 55s pelo algoritmo APSM. A partir do instante 62s, como mostra a linha tracejada na vertical do Gráfico 2, os fluxos de dados que utilizam o APSM duplicam a quantidade de *frames* por pacote, elevando o tamanho final de um pacote de voz para 88bytes, aumentando assim a taxa de eficiência para 54,5%, ou seja um crescimento de 17% de carga útil.

É importante lembrar que, de nada adianta o aumento da eficiência da carga útil dos pacotes de voz, se aumentar demasiadamente o atraso geral dos pacotes. Devido a este fator, se faz necessário à medição dos atrasos finais dos pacotes de voz, com a utilização e sem a utilização do algoritmo APSM. Esta medição é ilustrada no Gráfico 2.

Para uma melhor análise, utiliza-se a média dos atrasos em função do tempo da simulação, onde se pode averiguar um aumento do atraso final dos pacotes após a utilização do algoritmo APSM. Verifica-se que este aumento é inferior ao valor máximo de atraso que um pacote de voz pode sofrer, logo o aumento médio de 20ms não inviabiliza o tráfego de voz sobre redes IP, já que o mesmo se encontra dentro dos padrões toleráveis para telefonia IP.

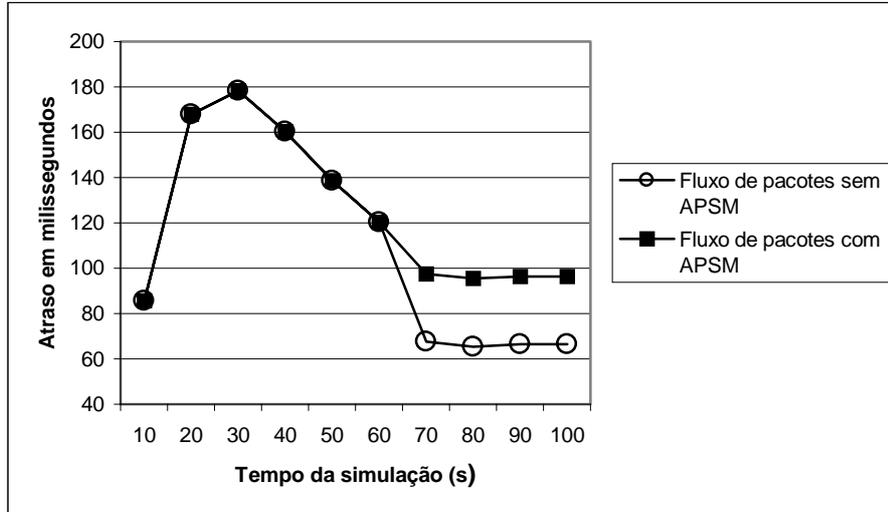


Gráfico 2: Atrazo médio dos pacotes G.723

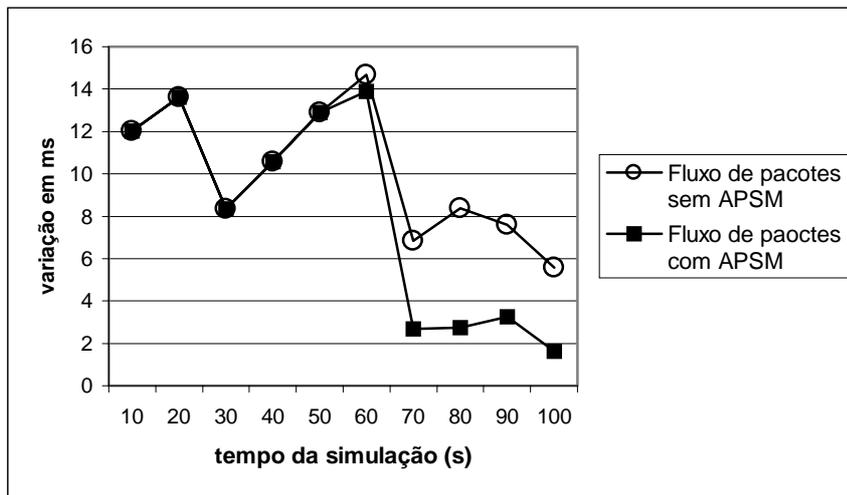


Gráfico 3: Jitter médio dos pacotes G.723

O Gráfico 3 apresenta outro fator importante a ser analisado: a variação do atraso (ou *jitter*), onde se verifica que a partir do instante que o algoritmo APSM é ativado. A variação do atraso tende a diminuir comparando-se com a variação do atraso padrão, ou seja, sem o uso do algoritmo APSM.

Para este artigo, apenas foram apresentados os gráficos resultantes para o codificador G.723, porém a mesma análise foi feita para os codificadores G.728, G729, GSM e LPC, onde os resultados obtidos foram semelhantes. Para finalizar a análise do aumento da eficiência dos pacotes de voz gerados pelos codificadores utilizados na tecnologia de voz sobre IP, com o uso do algoritmo APSM, é mostrado através do Gráfico 4 uma comparação entre todos os codificadores com e sem o uso deste algoritmo.

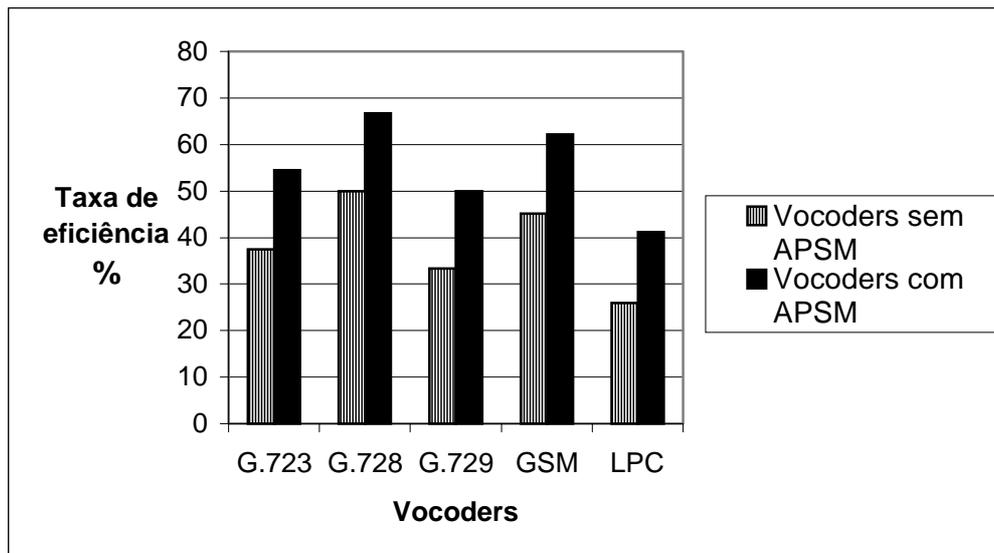


Gráfico 4: Aumento geral de eficiência dos *vocoders*

O Gráfico 4 ilustra que todos os codificadores que utilizaram o algoritmo proposto, tiveram um acréscimo de eficiência que varia entre 15% e 17%. Os codificadores que melhor usufruíram o algoritmo APSM foram o G.723 e o GSM com um acréscimo de 17% de eficiência em seus pacotes de voz, seguidos pelos codificadores G.728 e G.729, ambos com um aumento de 16,7%. O codificador que apresentou a menor taxa de acréscimo de eficiência com o uso deste algoritmo foi o codificador LPC com um acréscimo 15,3% de eficiência nos pacotes de voz. A Tabela 4 mostra a percentagem de aumento de eficiência antes e depois que os codificadores utilizaram o algoritmo APSM.

<i>Vocoders</i>	Eficiência antes do uso do APSM	Eficiência depois do uso do APSM	Aumento de eficiência
G.723	37,5%	54,5%	17,0%
G.728	50,0%	66,7%	16,7%
G.729	33,3%	50,0%	16,7%
GSM	45,2%	62,2%	17,0%
LPC	25,9%	41,2%	15,3%

Tabela 4: Comparação dos aumentos de eficiência dos *vocoders*

8 Conclusão

Destaca-se com principal contribuição deste artigo, um algoritmo chamado Módulo Adaptativo de Tamanho de Pacotes - APSM (*Adaptive Packet Size Module*) para adicionar uma maior quantidade de *frames* por pacote de voz. Uma outra vantagem da proposta apresentada é a adaptabilidade oferecida por este algoritmo, uma vez que proporciona uma maior flexibilidade no aumento de eficiência dos pacotes de voz, o que não se tem observado nas propostas existentes. Isto viabiliza a sua necessidade de utilização, visto que este se adapta com a qualidade da rede.

Um outro fator importante a ser considerado é que este algoritmo está sendo estruturado para uma ótima qualidade de áudio, ou seja, para atrasos de até 100ms para telefonia, porém pode-

se utilizar este algoritmo para funcionar com atrasos maiores resultando em uma boa qualidade de recepção e reprodução da fala, onde o atraso médio é na ordem de 200ms. Vale ressaltar que estes valores utilizados neste artigo estão relacionados à aplicação de telefonia sobre IP.

Pode-se utilizar este algoritmo também para aplicativos de voz que não necessitem de uma grande interação, como é o caso do rádio pela Internet, onde se suporta atrasos um pouco maiores, aumentando assim a taxa de eficiência do APSM.

Ao fim deste trabalho demonstrou-se a utilidade do uso do algoritmo APSM como forma de aumentar a eficiência dos pacotes de voz que trafegam em uma rede de dados comutada por pacotes, independente de técnicas de qualidades de serviço utilizadas.

Na avaliação de desempenho mostra-se que para todos os codificadores de voz utilizados nas simulações, todos os resultados esperados foram alcançados e reforçado a idéia de que este algoritmo é uma boa alternativa para comunicações de voz que utilizam redes de pacotes.

Referências

- [1] Schulzrinne, H. and Rosenberg, J. – “The IETF Internet Telephony Architecture and Protocols”, IEEE Network, May/June 1999.
- [2] Kamienski, C. , “Qualidade de Serviço na Internet”, SBRC 2000, Maio 2000
- [3] Cheshire, S. - “ Latency and the Quest for Interactivity” – November 1996.<http://ResComp.Stanford.EDU/~cheshire/>
- [4] Cheshire, S. - “It’s the Latency, Stupid”, May 1996. <http://ResComp.Stanford.EDU/~cheshire/rants/Latency.html>
- [5] Rowe, M – “Measure VoIP Networks for Jitter and Loss”, Test & Measurement World, December 1999
- [5] Rowe, M., “Measure VoIP Networks for Jitter and Loss”, Test & Measurement World, December 1999 . <http://www.tmworld.com/articles>
- [6] Goyal, P.; Greenberg, A – “Integration of Call Signaling and Resource Management for IP Telephony”, IEEE Network, May/June 1999
- [7] Percy, Alan, “Understanding Latency in IP Telephony”, Brooktrout Technology, Needham, MA, February 1999
- [8] Googman, Bill - “Internet Telephony and Modem Delay”, IEEE Network Communicator, May 1999
- [9] Flanagan, T., “Understanding VoIP Packetization & Transmission” Telogy Networks – 1998. <http://www.telogy.com>
- [10] H.323 ITU Standards. http://www.imtc.org/i/standard/itu/i_h323.htm
- [11] Lefelhocz, C. et al., “Congestion Control for Best-Effort Service : Why We Need A New Paradigm”, IEEE Network, Janeiro 1996
- [12] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson. “RTP: a transport protocol for real-time application”. RFC 1889, IETF, Jan. 1996
- [13] VINT Network Simulator (versão 2). <http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns>

- [14] Sawashima,H.–“Characteristics of UDP packet Loss: Effect of TCP Traffic”,Inet1997.
http://www.isoc.org/isoc/whatis/conferences/inet/97/proceedings/F3/F3_1.HTML
- [15] Bolot and Garcia.–“Control Mechanisms for Packet Audio in the Internet”, France 93
- [16] Penno Filho,R.– Minicurso “Voz sobre IP e Voz sobre *Frame Relay*”, SBRC, maio99
- [17] “Voice Over IP – a tutorial”, Seminar Series, Cisco System 1998.
- [18] Brady, P. – “A Model for Generating ON-OFF Patterns in Two-Way Conversations” ,
Bell System Technology Journal, vol 48, 1969
- [19] Schulzrinne, H. – “RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control”, RFC 1990.
- [20] Silva, A., “Qualidade de Serviço em VoIP ” RNP NewsGeneration, volume 4, número 3, Maio 2000.
- [21] VINT Project (Virtual InterNetwork Testbed). <http://www.isi.edu/nsnam/vint>
- [22] Cyganski, D. and Orr, J. – “Bandwith and Information Theory”, Material for Information Engineering Course at Worcester Polytechnic Institute, 1998..
- [23] Bolot, J. and Garcia, A., “Control Mechanisms for Packet Audio in the Internet”, INRIA - 1993.
- [24] Schulzrinne, H. and Casner, S. “RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control”, RFC 1890 – July 2000.
- [25] ITU Recommendation G.723.1,“ Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s”, 1996
- [26] ITU-T Recommendation H.323 “Packet-based multimedia communication systems”, 1998
- [27] ITU-T Recommendation G.114 “ - One-way transmission time” ,1996
- [28] Rezende, J. and Ziviani, Artur “Tráfego de Voz em um Ambiente de Diferenciação de Serviços na Internet”, SBRC , Maio 1999.