UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

PROREITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Especificação de Heurísticas de Adaptação em Tempo Real de Parâmetros de Voz sobre Protocolo de Internet

Bolsista: Bruno Auzier Cavalcante, CNPQ

Manaus

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

PROREITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO PARCIAL

PIB-E-0163/2011

Especificação de Heurísticas de Adaptação em Tempo Real de Parâmetros de Voz sobre Protocolo de Internet

Bolsista: Bruno Auzier Cavalcante, CNPq

Orientador: Edjair de Souza Mota

Manaus

2012

Resumo

Voz sobre o Protocolo de Internet é uma tecnologia que permite conversações telefônicas via rede TCP/IP (Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet) para transporte de dados (voz e vídeo). Sendo assim, é possível que você daqui do Brasil, possa falar com uma pessoa que esteja no mundo apenas usando a sua internet.

Por utilizar redes TCP/IP para transporte do fluxo de dados, são muitos os problemas que afetam a qualidade do serviço, como perda pacotes, atraso e entrecortes. Com o intuito de melhorar a qualidade da fala durante uma chamada, foi estudada a influência da paquetização (agrupamentos de quadros de voz por pacote de dados) sobre a qualidade da fala na presença de perdas variáveis de pacotes.

Foi criada uma expertise para testar a influência de perda de pacote, escolhida conforme a Recomendação ITU estudo de grupo 12 contribuição 106 (ITU-T, 2003), com tamanho de pacote utilizando o codec Opus. Após os experimentos, foi utilizado o *software* PESQ que comparou os arquivos com perda de pacotes com as amostras originais utilizadas nos testes, detalhada na Recomendação ITU-T P.862 (ITU-T, 2001).

Os experimentos apontaram que um a redução do tamanho de pacotes melhora a qualidade do codec Opus em um ambiente com perda de pacotes. Também mostram que não há diferença significativa da qualidade do Opus para pacotes 40 e 60 ms.

Sumário

1 INTRODUÇÃO 5

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 6

3 MÉTODOS UTILIZADOS 9

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 10

4.1 RESULTADO DA ANÁLISE DE MÉDIAS MOS PAREADAS 10

4.2 RESULTADO DA INFLUÊNCIA PAQUETIZAÇÃO E PERDA DE PACOTES 11

5 CONCLUSÕES 13

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 14

A DETALHAMENTO DA ESPECIFICAÇÃO DA HEURÍSTICA 15

A.1 PARÂMETROS DE AJUSTE 16

A.2 PARÂMETROS DE MONITORAMENTO 18

A.3 OBJETIVO DE CONTROLE 18

B AMBIENTE DE TESTE 19

B.1 DETALHAMENTO DA METODOLOGIA DO TESTE 19

C ESPECIFICAÇÕES DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS 21

C.1 ANÁLISE DE MÉDIA MOS PAREADA 21

C.2 INFLUÊNCIA PAQUETIZAÇÃO E PERDA DE PACOTES 21

D CRONOGRAMA 22

1 INTRODUÇÃO

Voz sobre o Protocolo de Internet (VoIP) é uma tecnologia que permite ao utilizador estabelecer chamadas telefônicas através de uma rede de dados IP (Protocolo de Internet). Durante uma chamada VoIP, a voz do usuário é convertida em um sinal digital, o qual é codificado em bits de dados e comprimido, utilizando-se um algoritmo de codec (COdificador/ DECodificador). Posteriormente, os dados resultantes são enviados sob a forma de pacotes através de uma rede TCP/IP (Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet) até o destinatário. Após chegar ao seu destino, os dados são descompactados, convertidos em sinal analógico e reproduzidos para o usuário.

Por utilizar redes TCP/IP para transporte do fluxo de voz, uma chamada VoIP pode sofrer a influência de diversos fatores, tais como problemas de eco, atraso, perda de pacotes, perda por compressão, entrecortes, entre outros. O problema abortado por este trabalho é caracterizar o codec Opus sob diversas configurações diante situações de perda de pacotes na rede de dados.

O objetivo geral deste projeto é caracterizar a influência da paquetização (agrupamentos de quadros de voz por pacote de dados) sobre a qualidade da fala na presença de perdas variáveis de pacotes. O objetivo específico são:

- Propor procedimento para avaliação das características do codec Opus em diversos níveis de problemas na rede de dados.
- Dar suporte a uma base de conhecimento sobre o codec Opus visando futuro desenvolvimento de um sistema do controle da qualidade da fala.

Este trabalho está dividido em cinco seções, das quais a primeira é esta introdução. A Seção 2 descreve os trabalhos utilizados como base para elaboração deste projeto. Seção 3 mostra a metodologia utilizada para aplicação do teste com o codec Opus e análise estatística dos resultados. A Seção 4 discute os avanços obtidos na realização deste trabalho. A seção 5 mostra a conclusões obtidas por esse projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com (CARVALHO, 2011), há necessidade de se desenvolver heurísticas de controle para compensar, de forma autônoma, os problemas que possam existir em uma rede TCP/IP durante uma chamada VoIP. Mary Shaw (SHAW, 1995) definiu em seu trabalho seminal um arcabouço conceitual para sistemas de controle autônomo baseado em *software*. Portanto, ao decorrer deste trabalho, assumiremos as seguintes definições (SHAW, 1995):

- Variáveis de processo: Propriedades de processos que podem ser mensuradas; vários tipos de especificação que são frequentemente distintas.
- Parâmetros de observação: Variáveis de processo cujo valor é independente do ajuste.
- Variáveis de entrada: Variáveis de processo que são mensuradas na entrada de processo.
- Parâmetros de ajuste: Variáveis de processo cujo valor pode ser alterado pelo controle.
- Referência de desempenho: É o valor desejado para o parâmetro observado.
- Sistema de malha fechado: Sistema no qual a informação sobre a variável de processo é usada para manipular uma variável de processo para compensar a variação desta variável e condições de funcionamento.
- Controle por realimentação de sistema: Os parâmetros de observação são mensurados e usados para manipular uma ou mais vezes a variável de processo.

O sistema de controle abordado neste trabalho é uma **chamada VoIP**. O parâmetro de ajuste para alcançar o objetivo de controle é o codec. O codec *Opus* foi escolhido para realização dos testes pelos seguintes motivos:

- É um codec robusto.
- Possui código aberto atualizado frequentemente.
- É implementado por duas grandes empresas: Skype Technologies S.A. e Mozilla Corporation que são referência em VoIP.

De acordo com o site oficial do *Opus* (CULLEN JENNINGS), ele possui as seguintes características:

- Taxa de amostragem de 8 a 48 kHz.
- Taxa de bits de 6 kb/s a 510 kb/s (*).

- Suporte para CBR (*Constant Bit Rate*) taxa de bits constantes e VBR (*Variable Bit Rate*) taxa variável de bits.
- Largura de banda (*bandwidth*) de áudio que varia de banda estreita. (*narrowband*) até largar (*full-band*) (*).
- Suporte a fala e música (*).
- Suporte mono e estéreo (*).
- Tamanho do pacote de 2,5 ms até 60 ms (*).
- Boa robustez à perda de pacotes e compensação à perda de pacotes (*packet loss concealment* - PLC)
- Implementação de ponto flutuante e ponto fixo.

Para determinar se o parâmetro de ajuste foi bem sucedido foi escolhido um método para determinar a qualidade da fala do codec Opus. Os métodos de medição qualidade da fala podem ser divididos em duas partes de acordo com (CARVALHO, 2004):

- Métodos subjetivos: baseiam-se em uma escala de opinião dada por um grupo de ouvintes, principais representantes ACR (*Absolute Category Rating*) e DCR (*Degradation Category Rating*);
- Métodos objetivos: buscam estimar o resultado dado por um grupo de ouvintes sem, no entanto, consultá-los. Podem ser divididos em duas classes:
    - Métodos perceptuais: utilizam o conhecimento do funcionamento do sistema auditivo humano para comparar um sinal de referência com um sinal degradado a fim de compor uma medida de distorção de voz, principais representantes PESQ (*Perceptual Evaluation of Speech Quality*) e POLQA (*Perceptual Objective Listening Quality Analysis*).
    - Métodos computacionais: estimam qual seria a qualidade da fala percebida por usuários humano a partir do cômputo de parâmetros relativos à conexão, tais como perda, atraso, ruído ambiente, etc. Principal representante E-*Model*.

O método subjetivo é um procedimento demorado, pois se trabalha com inúmeras pessoas para obter o MOS (*Mean Opinion Score*). Por essa razão, o uso de métodos objetivos foi preferido, de modo a automatizar os testes MOS no projeto.

(*) Pode ser alterado dinamicamente durante uma chamada VoIP sem sinalização exigida.

No experimento com *Opus* é utilizado uma amostra de áudio (que representa uma chamada VoIP em curso) que gera dois arquivos de áudio codificado e decodificado (degradado), mais detalhes no Apêndice B. Então foi escolhido o método objetivo perceptuais onde serão comparados os arquivos originais com os arquivos decodificados.

Entre os representantes dos métodos objetivos perceptuais foi escolhido o PESQ por ele ser *software* livre e ser preciso em sua medição de qualidade da fala, mais detalhes Recomendação ITU-T P.862 (ITU-T, 2001).

3 MÉTODOS UTILIZADOS

Foi realizado um estudo de caracterização de desempenho da paquetização do Opus em relação a diversos níveis de perda de pacotes.

Fazendo os estudos de casos dos parâmetros de ajustes (tamanho de pacotes, taxa de transmissão, redundância de pacote e frequência de amostragem), detalhado pela Apêndice A A.1 foi determinado nossa linha de pesquisa no seguinte caso:

- Tamanho de pacotes por ser implementado pelo *Opus* e ser suportado pela métrica de qualidade da fala o PESQ. Por esses motivos foi escolhido para ser implementado por esse trabalho.

Os outros parâmetros de ajuste foram descartados pelos seguintes motivos:

- Redundância de pacote não implementado pelo codec *Opus*.
- Frequência de amostragem não suportada pela métrica do PESQ.
- Taxa de transmissão do codec foi escolhido como trabalho futuro.

Após ser escolhida a linha de pesquisa, foi realizada uma série de teste para determinar qual influência de perda de pacotes com tamanho de pacote utilizando o codec *Opus* detalhado na Apêndice B.

Em seguida, os dados resultantes foram realizados a seguintes análises:

- Análise de médias MOS pareadas: Determina se as médias MOS dos tamanhos dos pacotes são significativamente diferentes.
- Análise relação (perda × tamanho) de pacote: Mostra uma matriz MOS que representa o desempenho da paquetização em diversos níveis de perda de pacote.

A metodologia utilizada nessas análises acima é explicada mais detalhadamente no Apêndice C. Os resultados obtidos por essa análise serão discutidos na próxima seção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção é discutidos os resultados obtidos com os testes do codec Opus utilizando a métrica PESQ para determinar a qualidade da chamada VoIP seguindo as especificações já discutidas no Apêndice A e B.

A análise dos dados foi aplicada de acordo com o Apêndice C utilizando a técnica estatística descrida a seguir:

- O teste t-Student é utilizado para comparar duas médias. Se as duas médias são atribuídas pelo mesmo observador, então são consideradas pareadas (é o caso da comparação das médias MOS descrida no Apêndice C.1).

Essa técnica estatística será usada para testar duas hipóteses estatísticas:

- H_0, a hipótese nula, que se refere à desigualdade das médias das amostras analisadas (diferença nula).
- H_1, a hipótese alternativa, que se refere à igualdade das médias das amostras analisadas.

Os resultados obtidos a partir dessa análise são discutidos nas sub seções abaixo.

4.1 RESULTADO DA ANÁLISE DE MÉDIAS MOS PAREADAS

O teste *t*-Student pareado de duas médias foi utilizado para realizar esta análise. A primeira média é o conjunto referência de arquivos de áudios (conjunto B). A segunda média são os demais conjuntos (A, B, C, D). Para mais detalhes, consulte o Apêndice C.

Se a H_0 for válida (p< 0,05), então as médias analisadas são significativamente diferentes.

Se a H_1 for válida, então as médias não são significativamente diferentes, ou seja, não há motivo para realizar troca de tamanho de pacotes, pois o codec *Opus* se comporta de maneira semelhante para diferentes tamanhos de pacotes.

Aplicando-se o teste de análise de médias MOS pareada, verificou-se que, para um grau de confiança de 95%, há diferença estatisticamente significativa entre os par de conjuntos BA, BC, BD, como mostra a Tabela 4-1.

- Tabela 4-1: Resultado da análise t-Student das médias MOS pareadas.

Par de conjuntos analisados	Tamanhos do pacote	p-valores
BA	20 ms e 10 ms	$\mathrm{p} < 2{,}2 \times 10^{-16}$
BB*	20 ms e 20 ms	$\mathrm{p} = \mathrm{NA}$
BC	20 ms e 40 ms	$\mathrm{p} < 4.8 \times 10^{-7}$
BD	20ms e 60 ms	$\mathrm{p} < 5.3 \times 10^{-14}$

No par de conjuntos BB não houve diferença estatística, pois é uma análise realizada sobre o mesmo conjunto.

4.2 RESULTADO DA INFLUÊNCIA PAQUETIZAÇÃO E PERDA DE PACOTES

Após confirmamos que há diferença na qualidade da chamada VoIP na mudança de tamanho de pacote. Nesta seção continuaremos a análise caso a caso para determinar quais mudanças de tamanho de pacote são mais favoráveis ou não para melhora a qualidade da chamada VoIP.

Foi gerada a partir do procedimento explicado no Apêndice B a Tabela 4-2 é possível ter uma visão macro do comportamento da qualidade MOS do codec Opus nas diversas condições de (perda e tamanho) de pacotes. Então podemos inferir as seguintes situações:

- A qualidade MOS do codec Opus aumenta à medida que o tamanho do pacote é reduzido.
- O limite mínimo de boa qualidade MOS (3,6) é alcançada pelo Opus no tamanho 20 ms e perda 3%. Ou seja, após esse ponto, a qualidade da se torna ruim para o usuário.
- Foi realizado teste t-*Student* para verificar qual é a diferença entre MOS de tamanhos 40 e 60 ms. Obtemos o resultado $p < 4.8 \times 10^{-4}$ que confirma a pouca diferença entre o MOS pacotes 40 e 60 ms. Verificou-se que fazendo uma mudança de tamanho de pacotes (40 e 60) ms é um ajuste pouco significativo para qualidade da chamada VoIP.

(*) O tamanho do pacote 20 ms é nossa referência pois por padrão o codec *Opus* possui esse tamanho de pacote.

Tabela 4-2: Resultado da média MOS (perda × tamanho) de pacote.

Tamanho do pacote (ms)	Perda de pacotes (%)							
	0	1	3	5	7	10	15	20
10	4,14	3,99	3,79	3,55	3,33	3,20	2,90	2,65
20*	4,14	4,01	3,69	3,38	3,04	2,84	2,55	2,32
40	4,02	3,96	3,48	3,27	3,04	2,86	2,50	2,09
60	3,89	3,89	3,41	3,27	3,04	2,87	2,27	2,04

Uma consideração a ser feita é por que não mantemos sempre o tamanho de pacotes o menor possível. Quando o número de quadros de voz é reduzido aumenta-se a quantidade de pacotes a serem transmitidos. Aumenta a quantidade de controle a ser transmitido (cabeçalho) que por sua vez aumenta a probabilidade de congestionamento, em seguida, aumenta a probabilidade de perda de pacote.

(*) O tamanho do pacote 20 ms é nossa referência pois por padrão o codec *Opus* possui esse tamanho de pacote.

5 CONCLUSÕES

O problema abordado por este projeto foi caracterizar o comportamento do codec Opus sob diversas configurações de atraso e perda de pacotes. Tendo em vista o problema foi utilizado um estudo de caso do parâmetro de ajustes paquetização para tratar a perda de pacotes do codec Opus.

Os experimentos apontaram que um a redução do tamanho de pacotes melhora a qualidade do codec Opus em um ambiente com perda de pacotes. Também mostram que não há diferença significativa da qualidade do Opus para pacotes 40 e 60 ms. Isso se deve provavelmente ao algoritmo de compensação de perda PLC (*Packet loss concealment)* cuja eficiência está condicionada à quantidade de informação perdidas.

Como trabalho futuro, propomos a implementação de uma heurística de adaptação em tempo real que use a conhecimento derivado desse trabalho. Propomos também estender o trabalho atual para analise de outras configurações de heurística de controle (taxa de transmissão, redundância e multi-amostragem).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, L. SILVA G. DE. **Implementação do Modelo E para Avaliação Objetiva da Qualidade da Fala em Redes de Comunicação VoIP**, 2004. Manaus.

CARVALHO, L. SILVA G. DE. **Adaptive Management of Speech Quality Between VoIP TerminalsOctober**, 2011. Federal University of Amazonas.

CULLEN JENNINGS, J. R. Opus Audio Codec. Disponível em: <http://opus-codec.org/>. Acesso em: 2/2/2012.

DORF, R. C.; BISHOP, R. H. **Modern Control Systems**. Prentice Hall, 2008.

ITU-T. Recommendation P.800, Methods for subjective determination fo transmission quality. , p. 28, 1996.

ITU-T. Recommendation P.862, Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs. , v. 862, p. 30, 2001.

ITU-T. ITU-T STUDY GROUP 12 – DELAYED CONTRIBUTION 106: Estimates of Ie and Bpl parameters for a range of CODEC types. ,2003. Geneva, Switzerland: 27-31 January 2003.

SHAW, M. Beyond objects: a software design paradigm based on process control. **SIGSOFT Softw Eng Notes**, v. 20, n. 1, p. 27-38, 1995. ACM.

A DETALHAMENTO DA ESPECIFICAÇÃO DA HEURÍSTICA

A escolha dos elementos que compõem o sistema de controle foi realizada de acordo com as definições de Mary Shaw (SHAW, 1995). O sistema de controle utilizado neste trabalho é mostrado na Figura A- 1 e descrito a seguir.

- Processo: é uma chamada VoIP em curso.
- Variáveis de processo: são todos os elementos que compõe uma chamada VoIP, por exemplo, rede, codec, *MOS (Mean Opinion Score),* atraso, etc.
- Parâmetros de ajuste: são variáveis de processo ajustadas para alcançar o objetivo de controle. Neste trabalho, vamos ajustar as características do codec *Opus* durante uma chamada *VoIP*.
- Parâmetros de observação: são variáveis de processo observadas para saber se o ajuste (na variável de processo) foi bem sucedido. Neste trabalho iremos observar a perda de pacotes, o *atraso, MOS* e outros parâmetros que possam ser encontrados no decorrer do trabalho.
- Valores de referência do processo: são indicadores que representam o desempenho desejado.

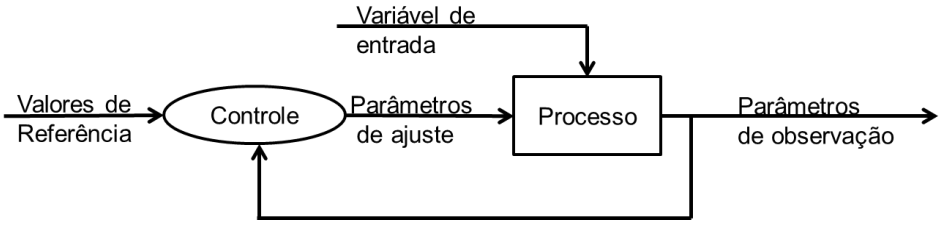

Figura A - 1: Sistema de controle de uma chamada VoIP.

Definido o sistema de controle devemos desenvolver uma heurística de controle administrar este sistema.

A especificação da heurística se divide em três partes; detalhadas nas seções a seguir:

- Parâmetro de Ajuste.
- Parâmetro de Monitoramento.
- Objetivo de controle.

A.1 PARÂMETROS DE AJUSTE

A escolha dos parâmetros de ajuste é uma etapa importante para a realização da compensação da variável de processo que se deseja ajustar, ou seja, a forma como vamos manipular a variável de processo para alcançar o objetivo de controle. As estratégias com que vamos ajustar essa variável são mostradas a seguir.

A.1.1 TAXA DE TRANSMISSÃO DO CODEC

A primeira estratégia é ajustar (em tempo real) a taxa de transmissão do codec durante uma chamada VoIP, como mostra a Figura A - 2.

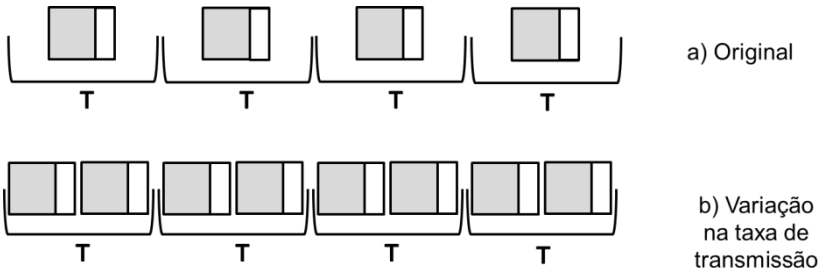

Figura A - 2: a) Transmissão de pacotes em uma chamada VoIP, b) Variação na taxa de transmissão de pacotes em uma chamada VoIP.

Por exemplo, diminuindo a taxa de transmissão de pacotes em uma rede TCP/IP congestionada, pode-se evitar uma maior sobrecarga da rede.

Uma analogia que pode ser feita é imaginar que a rede é uma estrada e os pacotes são automóveis. Surgindo um congestionamento, pode-se diminuir a velocidade dos automóveis nessa direção, antes que cheguem ao congestionamento, liberando o tráfego.

A.1.2 TAMANHO DE PACOTES

Ajuste de tamanho de pacotes é uma estratégia que agrega um ou mais quadros de voz para transmissão em um só pacote como mostra a Figura A - 3.

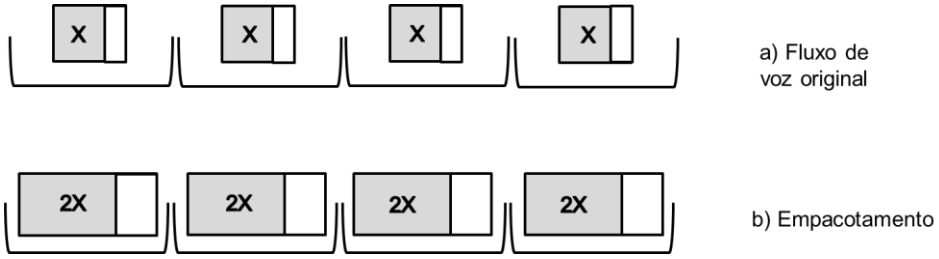

Figura A - 3: a) Fluxo de voz original b) União de dois ou mais quadros de voz.

Esta estratégia pode ser usada, por exemplo, quando uma rede TCP/IP estiver com um atraso alto. Aumentar o tamanho dos quadros de voz otimiza a relação entre buffer e a espera do próximo pacote, ou seja, quando o *buffer* estiver decodificado um pacote grande vai ser o tempo em que ele espera a chegado de um novo pacote.

Fazendo uma analogia dessa situação, imagine que os pacotes são caminhões e o atraso é o tempo de chegada dos caminhões. Quando o tempo de chegada estiver muito alto, para suavizar esse fato é aumentar a carga dos caminhões, otimizando o tempo de viagem do caminhão.

A.1.3 REDUNDÂNCIA DE PACOTES

O ajuste de redundância de pacotes é uma estratégia pela qual são enviadas uma ou mais cópias de um mesmo pacote de voz, como mostra a Figura A - 4**Erro! Fonte**

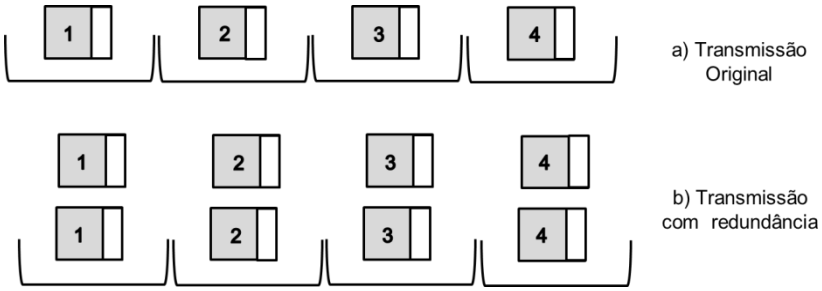

Figura A - 4: a) Transmissão de pacotes sem redundância, b) Transmissão de pacotes com redundância.

de referência não encontrada..

Essa estratégia pode ser usada, por exemplo, quando uma rede TCP/IP estiver com uma perda de pacotes elevada. Nesta situação, uma boa prática seria enviar várias cópias de um mesmo pacote para aumentar a garantia, ou seja, que uma dessas cópias chegue ao seu destino.

Uma analogia que pode ser feita é que a rede TCP/IP seja uma estrada e os pacotes os caminhões. Imagine a estrada com muitos buracos e que vários automóveis quebrem ao passar por ali. Para aumentar a garantir de entrega basta mandar vários caminhões com o mesmo conteúdo fazer a entrega.

A.1.4 FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

O ajuste de frequência amostragem é uma estratégia para aumentamos a frequência de amostragem da fala humana durante uma ligação VoIP como é mostrado na Figura A - 5.

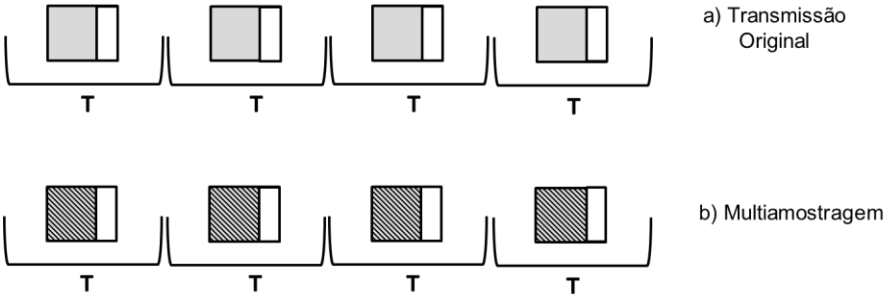

Figura A - 5: a) Frequência de amostragem constate, b) Frequência de amostragem variante

O ajuste de frequência de amostragem pode ser usado para melhorar a qualidade MOS de uma chamada VoIP, pois, pelo teorema de Nyquist (DORF; BISHOP, 2008), aumentando-se a taxa de amostragem de áudio, o sinal obtido será semelhante ao sinal original (fala).

A.2 PARÂMETROS DE MONITORAMENTO

A especificação dos parâmetros de monitoramento é importante para sabermos se há algum problema na rede TCP/IP durante uma ligação VoIP. Os elementos monitorados durante uma chamada VoIP são: perda de pacotes, atraso e o MOS.

A.3 OBJETIVO DE CONTROLE

O objetivo de controle é aumentar a qualidade MOS durante uma chamada VoIP. A partir desse objetivo, o melhor parâmetro de ajuste vai ser escolhido para alcançar esse objetivo.

B AMBIENTE DE TESTE

Para criação do experimento com o codec *Opus* foi criado uma expertise para testar a influência de perda de pacote com tamanho de pacote. Foi escolhido as seguintes condições padrões para codificar/decodificar do experimento:

- Tamanho da amostra de arquivo de áudio 6 a 15 ms.
- Frequência de amostragem (constante) 8000 Hz.
- Variação de taxa de bits.
- Sem restrição de variação de taxa de bits.
- Os áudios foram codificados/decodificados em mono.
- Utilizados 30 amostras de áudio.

Variáveis que foram manipuladas:

- Tamanho pacote (ms) {10, 20, 40, 60}.
- Perda de pacote (%) {0, 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20}.

A perda de pacotes foi escolhida conforme a Recomendação ITU estudo de grupo 12 contribuição 106 (ITU-T, 2003) afirma na seção 2.1 que para determinar a performance de um codec usando PESQ deve-se utilizar os seguintes perda de pacotes (0, 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20)%.

A metodologia dos testes será explica mais detalhamento a seguir.

B.1 DETALHAMENTO DA METODOLOGIA DO TESTE

O experimento foi realizado com 30 amostras de áudios criadas e gravadas conforme a Recomendação ITU-T P.800 (ITU-T, 1996), amostras de áudio deve ser composto por frases simples e significativas, de curta duração e de fácil compreensão e originadas de uma literatura não técnica. Sendo assim, para formular o material de fala, foram selecionadas frases compostas por duas orações, retiradas de jornais e portais de informações da Internet, abordando assuntos diversos.

Foram realizados quatro testes para determinar a relação Perda de pacote/ Tamanho de pacote, com as seguintes características:

- Constante o tamanho do pacote.
- Variável perda de pacote.
- Condições padrão de codificar/decodificar mostrado na seção B.

Após esses testes, com o codec *Opus*, foi utilizado o *software* PESQ que comparou a degradação do arquivo decodificado com as amostras originais utilizadas nos testes, detalhada na Recomendação ITU-T P.862 (ITU-T, 2001).

Com os resultados obtidos com a análise PESQ foi criado a Tabela B - 1 que representa a media da qualidade do áudio MOS de um chamada VoIP com uma perda de 0% a 20%.

Tabela B - 1: Matriz influência de perda de pacote com tamanho de pacote.

Tamanho do pacote (ms)	Perda de pacotes (%)							
	0	1	3	5	7	10	15	20
10								
20*								
40								
60								

(*) O tamanho do pacote 20 ms é nossa referência pois por padrão o codec *Opus* possui esse tamanho de pacote.

C ESPECIFICAÇÕES DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para que possamos comprovar resultados sobre os MOS obtidos através do software PESQ foi realizadas análises estatísticas. A análise dos dados foi dividida em duas etapas: (1) Análise de média MOS pareada, (2) Influência paquetização e perda de pacotes, as quais são descritas a seguir.

C.1 ANÁLISE DE MÉDIA MOS PAREADA

O objetivo da análise de média MOS pareada é verificar se os conjuntos de arquivos (A, B, C, D) são estatisticamente diferente.

Conforme a Tabela C- 1, foi realizado um comparação de média pareada par a par (BA, BB, BC, BD) para determinar o quanto elas são diferentes. Em termos estatísticos, isso equivale a dizer que desejamos testar, se realmente houve alguma diferença do tratamento do codec *Opus* para os diferentes tamanhos de pacotes.

Tabela C- 1: Conjunto de médias MOS pareadas.

Conjunto	Tamanho do pacote (ms)	Perda de pacotes (%)							
		0	1	3	5	7	10	15	20
A	10								
B	20*								
C	40								
D	60								

- $\mathrm{A} = \text{Média}\,\{\text{tamanho do pacote } 10 \text{ ms} \rightarrow (0,1,3,5,7,10)\}.$
- $\mathrm{B} = \text{Média}\,\{\text{tamanho do pacote } 20 \text{ ms} \rightarrow (0,1,3,5,7,10)\}.$
- $\mathrm{C} = \text{Média}\,\{\text{tamanho do pacote } 40 \text{ ms} \rightarrow (0,1,3,5,7,10)\}.$
- $\mathrm{D} = \text{Média}\,\{\text{tamanho do pacote } 60 \text{ ms} \rightarrow (0,1,3,5,7,10)\}.$

C.2 INFLUÊNCIA PAQUETIZAÇÃO E PERDA DE PACOTES

Após determinar que realmente a diferença na qualidade da chamada VoIP, variando o tamanho da pacote, podemos fazer uma analise detalhada da relação (perda × tamanho) de pacote.

O objetivo da análise (perda × tamanho) de pacote é determinar qual mudança de tamanho de pacote de dados aumenta ou diminui a qualidade do codec Opus (que sofre com perda de pacote).

D CRONOGRAMA

O cronograma seguido por esse projeto está exposto na Tabela D - 1.

Tabela D - 1: Cronograma de Atividades.

Nº	Descrição	Ago. 2011	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan. 2012	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.
1	Revisão bibliográfica.												
2	Especificação de heurística												
3	Elaboração de apresentação parcial.												
4	Planejamento, realização de teste e análise de resultados parcial.												
5	Refinamento da heurística.												
6	Elaboração do resumo e relatório final.												
7	Preparação da apresentação final para o congresso .												

	Atividades Completadas