



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB
FACULDADE DE EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO
PROJETO FINAL

VOZ SOBRE IP EM REDES HETEROGÊNEAS

Marcos Thompson Viegas Lerario
RA 2001617/8

ORIENTADOR: Professor Luiz Otávio Lento

Brasília, fevereiro de 2005



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB
FACULDADE DE EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO
PROJETO FINAL

VOZ SOBRE IP EM REDES HETEROGÊNEAS

Monografia, sob a orientação do Prof. Luiz Otávio Botelho Lento, avaliada por uma Banca Examinadora do Curso de Engenharia da Computação da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia - FAET do Centro Universitário de Brasília - UniCEUB e que constituiu requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia da Computação.

Brasília, fevereiro de 2005

Agradecimento

A LETÍCIA REINALDI, minha namorada, que torceu pelo meu sucesso profissional, com amor e carinho, de que precisei ao longo dos anos de estudo.

A JULIO LERARIO, meu avô, pelo apoio, dedicação e estímulo.

A JULIO CESAR e ELOIZA, meus pais, que sempre lutaram em prol do bem-estar dos seus filhos.

Ao Professor Francisco Javier Obaldia, por todo o apoio e incentivo dados na fase de proposta de desenvolvimento do projeto.

A todos os professores do Curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, responsáveis por grande parte do sucesso profissional de seus alunos.

A FERNANDA SAKAMOTO, minha amiga, que me apoiou nos momentos críticos do desenvolvimento desta monografia.

A ADRIANO DELFINO e WOLMER GODOI, meus amigos, que muito colaboraram na revisão e desenvolvimento complementar desta monografia.

A LUCIANE ANDRADE e MARCELO GRANADO, meus amigos, que colaboraram em pesquisas que serviram de base para novos temas inseridos no decorrer do trabalho.

A TIAGO ALMEIDA, meu amigo, que me ajudou nos detalhes finais como formatação e normas.

A HENRIQUE RODRIGUES, MATEUS TEIXEIRA e ROBSON NAKAMURA, meus amigos, que cobraram resultados durante a fase de desenvolvimento da monografia.

Resumo

Este projeto pretende implementar um servidor de intercomunicação entre a rede de telefonia tradicional e a rede de dados baseada no protocolo IP utilizando para tal o protocolo Open H.323, o sistema operacional livre Linux e uma placa do tipo ISA¹ chamada de LineJack do fabricante Quicknet Technologies Inc.

Além disso, descreve brevemente o que é a tecnologia de Voz sobre IP, bem como seus fundamentos, problemas, soluções privadas e algumas considerações sobre o crescimento do uso desta tecnologia em âmbito mundial.

Palavras-chaves: VoIP, Voz sobre IP, Gateway de Voz, H.323, Telefonia IP e Comunicação Digital.

¹ O barramento ISA (Industry Standard Architecture) surgiu no início dos anos 80. Foi criado pela IBM para ser utilizado no IBM PC XT (8 bits) e no IBM PC AT (16 bits). Apesar de ter sido lançado há muito tempo, podemos encontrar slots ISA em alguns PCs atuais.

Abstract

This project aims to make a server that intercommunicates between the traditional telephony network and a packet network based on IP transmission using for that the Open H.323 protocol, Linux Operation System and an ISA board called LineJack from Quicknet Technologies Inc.

Therefore, it describes a little what the technology of IP Telephony is, plus its basics theories, problems, private solutions and some considerations about the growing use of this technology over the whole world.

Keywords: VoIP, Voice over IP, Voice Gateway, H.323, IP Telephony and Digital Communication.

Sumário

Capítulo 1: Introdução.....	1
1.1 <i>Motivação.....</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Descrição do Capítulos.....</i>	<i>2</i>
1.3 <i>Objetivo do Projeto.....</i>	<i>2</i>
Capítulo 2: Tópicos de Redes	3
2.1 <i>Voz sobre IP:.....</i>	<i>3</i>
2.1.1 <i>Conceito.....</i>	<i>3</i>
2.1.2 <i>Funcionamento.....</i>	<i>3</i>
2.2 <i>Sinal Analógico x Sinal Digital.....</i>	<i>4</i>
2.2.1 <i>Diferença.....</i>	<i>4</i>
2.2.2 <i>Conversão do Sinal Analógico para Sinal Digital.....</i>	<i>4</i>
2.3 <i>Protocolos de Tempo Real.....</i>	<i>5</i>
2.3.1 <i>Conceito.....</i>	<i>5</i>
2.3.2 <i>Protocolo RTP.....</i>	<i>5</i>
2.3.3 <i>Protocolo RTCP.....</i>	<i>5</i>
2.4 <i>Camada de Aplicação.....</i>	<i>6</i>
2.4.1 <i>Padrão H.323.....</i>	<i>6</i>
2.4.2 <i>Session Initiation Protocol (SIP).....</i>	<i>7</i>
2.4.3 <i>Comparação entre o H.323 e o SIP.....</i>	<i>8</i>
2.5 <i>Banda Passante e Largura de Banda.....</i>	<i>9</i>
2.6 <i>Qualidade de Serviço (QoS).....</i>	<i>9</i>
2.7 <i>Comunicação Tradicional x Voz sobre IP.....</i>	<i>9</i>
Capítulo 3: Cenários para um ambiente de Voz sobre IP.....	11
3.1 <i>Elementos para Comunicação Voz sobre IP:.....</i>	<i>11</i>
3.2 <i>Cenários dos Ambientes.....</i>	<i>12</i>
3.2.1 <i>Ligação de PC para PC.....</i>	<i>12</i>
3.2.2 <i>Ligação de PC para Telefone tradicional.....</i>	<i>13</i>
3.2.3 <i>Ligação de um Telefone para outro Telefone.....</i>	<i>14</i>
3.2.4 <i>Ligação de Telefone para Telefone ou PC para Telefone passando por um PABX.....</i>	<i>14</i>
3.3 <i>Preocupação com Desempenho.....</i>	<i>15</i>
3.3.1 <i>Atraso.....</i>	<i>15</i>
3.3.2 <i>Jitter.....</i>	<i>16</i>
3.3.3 <i>Perda de pacotes.....</i>	<i>16</i>
3.3.4 <i>Desordem dos pacotes.....</i>	<i>17</i>
3.3.5 <i>Eco.....</i>	<i>17</i>
3.3.6 <i>Supressão do silêncio e detecção de atividade de voz.....</i>	<i>18</i>
3.3.7 <i>Modo de transmissão.....</i>	<i>18</i>
3.3.8 <i>Codecs.....</i>	<i>19</i>
3.4 <i>Mercado de Serviços de Voz sobre IP.....</i>	<i>21</i>
3.4.1 <i>Regulamentação do serviço VoIP.....</i>	<i>21</i>
3.4.2 <i>Perspectivas futuras da tecnologia VoIP no Brasil.....</i>	<i>22</i>
3.5 <i>Elementos gerais.....</i>	<i>23</i>
3.5.1 <i>Modelo E.....</i>	<i>23</i>
3.5.2 <i>Rede WAN.....</i>	<i>24</i>
3.5.3 <i>VPN.....</i>	<i>25</i>
3.5.4 <i>NAT.....</i>	<i>26</i>

Capítulo 4: Implementação – VoIP em Redes Heterogêneas.....	27
4.1 Projeto da Implementação.....	27
4.2 Configuração do ambiente de homologação.....	27
4.1.1 Descrição dos computadores.....	27
4.1.2 Descrição da Placa Quicknet LineJack.....	29
4.3 Implementação.....	30
4.3.1 Gateway IP/PSTN.....	30
4.3.2 Firewall.....	33
Capítulo 5: Resultados e Simulações	35
5.1 Decorrer do Projeto.....	35
5.1.1 Problemas.....	35
5.1.2 Soluções.....	37
5.2 Simulações.....	39
5.2.1 Qualidade da Voz.....	39
5.2.2 Protocolos de rede para sistemas VoIP.....	41
5.3 Desempenho.....	41
5.4 Custos.....	43
5.5 Observações Finais.....	44
Capítulo 6: CONCLUSÕES	45
6.1 Considerações Finais.....	45
6.2 Trabalhos Futuros.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
Anexo A – Estrutura do Protocolo RTP.....	50
Anexo B – Estrutura do Protocolo RTCP	52
Anexo C – Detalhamento do Protocolo H.323.....	54
Anexo D - Detalhamento do Protocolo SIP	58
Anexo E – Principais empresas relacionadas com a tecnologia VoIP.....	60

Lista de Figuras

Figura 3.1 – Principais Cenários de VoIP [COSTA, 2003]	12
Figura 3.2 – Comparativo de Taxas de Transferência entre codecs padrões ITU-T. [QUEIROZ, 2002] ...	20
Figura 3.3 – Comparativo de Retardo entre codecs padrões ITU-T. [QUEIROZ, 2002]	20
Figura 4.1 – Protótipo de Comunicação entre uma rede IP e um aparelho de comunicação comum.....	27
Figura 4.2 – Visão superior da Quicknet LineJack	29
Figura 4.3 – Visão inferior da Quicknet LineJack	29
Figura 5.1 – Adaptador SIP Leadtek BVA 8051.....	36
Figura 5.1 - Avaliação média de soluções VoIP realizada por 5 colaboradores.....	39
Figura 5.2 – Valor médio medido por software firewall	40
Figura 5.3 – Avaliação média no uso de soluções VoIP em termos de facilidade, escalabilidade, qualidade e suporte ao usuário.	40
Figura 5.4 – Avaliação baseada na ocorrência de atraso durante a comunicação.....	42
Figura 5.5 – Comparativo entre qualidade de fala e perda de dados ocasionado por.....	42
software firewall e avaliado por 3 colaboradores.	42
Figura 5.6 – Custo estimado para ligação telefônica de longa distância.....	43
Figura A.1 – Cabeçalho do RTP [COSTA, 2003]	50
Figura B.1 – Cabeçalho do RTCP [COSTA, 2003].....	52
Figura B.2 – Campos do RTCP Receiver Type [COSTA, 2003]	53

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Comparação entre os protocolos H.323 e SIP	8
Tabela 3.1 – Comparação entre codecs de voz [RODRIGUES, 2003]	19
Tabela 4.1 – Especificações técnicas da placa Quicknet Linejack.....	30
Tabela 5.1 – Especificações técnicas do Adaptador SIP.....	36
Tabela 5.2 – Avaliação do Adaptador SIP.....	37
Tabela 5.3 – Avaliação da placa QuickNet Linejack.....	38

Lista de Siglas

ATA	<i>Analog Telephone Adapter</i>
CBR	<i>Constant Bit Rate</i>
CODEC	Código responsável pela compressão de dados
CODER	Ferramenta responsável pela codificação do pacote
DECODER	Ferramenta responsável pela decodificação do pacote
HTTP	<i>Hyper Text Transfer Protocol</i>
MCU	<i>Multipoint Control Unit</i>
MOS	<i>Mean Opinion Score</i>
MTU	<i>Maximum Transmission Unit</i>
NAT	<i>Network Address Translation</i>
PABX	Central Telefônica
PC	<i>Personal Computer</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephony Network</i>
SDP	<i>Session Description Protocol</i>
VBR	<i>Variable Bit Rate</i>
VoIP	<i>Voice Over IP</i>

Capítulo 1: Introdução

1.1 Motivação

A convergência de dados e voz é atualmente um dos temas mais discutidos na indústria de telecomunicações, pois com esse avanço será possível realizar o velho sonho de uma plataforma de transporte em comum para dados, vídeo e voz.

O maior estímulo para a mudança das redes é a redução de custos. Os custos dos equipamentos de telecomunicações têm caído na mesma proporção que os computadores desktop², o que tem estimulado o mercado de telefonia IP. Outra economia é o uso compartilhado da infra-estrutura, operação, manutenção e uso dos serviços disponíveis na rede.

É uma verdadeira conquista poder desenvolver um projeto que reduza drasticamente os custos de migração de uma rede heterogênea de dados para uma rede que permita comunicação por voz sobre o protocolo IP.

No cenário empresarial moderno, as empresas de modo geral são compelidas, constantemente, a atualizar seu parque tecnológico, o que leva a lidarem com pressões competitivas do mercado e a necessidade permanente da introdução de novos modelos de negócio.

Com a utilização da infra-estrutura IP, as empresas estão melhorando a qualidade e reduzindo o custo de suas operações, alcançando níveis superiores de produtividade e conseguindo uma maior satisfação do seu cliente final.

Entende-se que esta é uma estrutura de comunicação convergente, pois permite às empresas cumprir, de maneira escalável e segura, todos os requisitos que o negócio gera. Um cenário que transporta dados, vídeo e voz pelo mesmo canal de comunicação e, ainda, suporta diferentes dispositivos de acesso, pode ser visto como uma solução que abre um enorme horizonte visando a criação de aplicações customizadas, sem contabilizar perdas em investimentos anteriores.

A maioria das empresas já dispõe de rede IP empresarial, interligando seus computadores e redes locais e atendendo aplicações de TI e de acesso à Internet.

² Desktop significa, em português, área de trabalho. No entanto, o sentido empregado no texto refere-se a computador de mesa, fixo.

Se respeitadas as adequações de QoS (Qualidade de Serviço), “*hardware*” e “*software*”, será possível, para uma rede IP empresarial, transportar voz tão bem como ocorre o transporte de dados hoje.

1.2 Descrição do Capítulos

No capítulo 2, serão abordados conceitos básicos do que vem a ser a tecnologia de Voz sobre IP, inclusive os protocolos que permitem a transmissão de dados em tempo real e o conceito de Qualidade de Serviço que está diretamente ligado à necessidade de se garantir uma qualidade mínima de transmissão da voz para que esta comunicação alcance níveis aceitáveis de utilização em massa. Também serão discutidos além dos protocolos mais difundidos no mercado para a comunicação de voz e vídeo, H.323 e SIP, seus padrões e aspectos gerais do seu funcionamento, bem como os protocolos que lhe dão suporte.

A seguir, no capítulo 3, serão abordados os possíveis cenários em que a telefonia IP pode estar sendo utilizada e, ainda, os principais parâmetros que influenciam significativamente o transporte de dados, voz e vídeo em um mesmo canal da rede. Completando esta idéia, será tratado o ambiente que está montado no mercado de serviços de voz sobre IP, visto que algumas metas em caráter de regulamentação ainda devem ser alcançadas para que esta tecnologia possa superar os serviços da telefonia tradicional.

Os capítulos 4 e 5 tratam do detalhamento do projeto de criação de um ambiente de comunicação VoIP e sua avaliação em termos de padrões determinados pelo International Telecommunication Union (ITU-T). São relatados fatos, problemas e soluções constantes no desenvolvimento do protótipo.

1.3 Objetivo do Projeto

Este projeto visa montar um sistema que possibilite uma comunicação de voz a partir de um telefone convencional e outro ponto distante através da internet utilizando a tecnologia VoIP. O objetivo deste projeto é desenvolver um servidor, que possa ser replicado, e que possibilite a comunicação entre um telefone convencional e um software de telefonia VoIP, usando o protocolo H.323.

Capítulo 2: Tópicos de Redes

2.1 Voz sobre IP:

2.1.1 Conceito

VoIP consiste na abreviação de Voz sobre IP, ou em inglês, Voice over Internet Protocol. [COSTA, 2003]

Basicamente, esta tecnologia possibilita a transmissão da voz por uma rede que usa o protocolo TCP/IP³ através da digitalização e codificação deste som, e do empacotamento dos dados gerados em pacotes IP. [COSTA, 2003]

2.1.2 Funcionamento

De maneira relativamente simples, é possível visualizar o funcionamento básico desta tecnologia sabendo que basta transformar a voz em um fluxo de “bits”⁴ (linguagem conhecida pelo computador) que pode ser constante (CBR) ou variável (VBR), dependendo do codec a ser usado. [COSTA, 2003]

Depois de obtido, este fluxo de bits é empacotado em datagramas⁵ do protocolo UDP⁶, transformando-se em pacotes IP. Esses pacotes, teoricamente, seriam transmitidos como qualquer pacote de dados IP, sem distinção. [COSTA, 2003]

³ Protocolo TCP/IP foi criado em 1970 pelo governo americano. Como o TCP/IP foi desenvolvido a partir de fundos públicos, ele não pertence a uma empresa específica e pode ser utilizado por qualquer computador para o compartilhamento de informações com outro computador. Projetado para o sistema operacional Unix, tornou-se padrão para transmissão de dados por redes.

⁴ Bit é um bit é a menor unidade de informação tratada pelo computador, sendo representada fisicamente por um elemento específico: um pulso isolado enviado através de um circuito, ou um pequeno ponto num disco magnético, capaz de conter um zero ou um.

⁵ Datagramas são células ou unidades de mensagem com as quais protocolos (como o IP) lidam e são transportados pela rede de computadores.

⁶ UDP – User Datagram Protocol – é um padrão TCP/IP e está definido pela RFC 768, "User Datagram Protocol (UDP)." O UDP é usado por alguns programas em vez de TCP para o transporte rápido de dados entre hosts TCP/IP. Porém o UDP não fornece garantia de entrega e nem verificação de dados

2.2 Sinal Analógico x Sinal Digital

2.2.1 Diferença

A diferença entre um sinal analógico e um digital é que o primeiro sofre variação contínua no tempo e assume qualquer valor de amplitude dentro de valores pré-estabelecidos; já o segundo tipo assume valores de amplitude pré-determinada no tempo e apresenta variações descontínuas de amplitude. [COSTA, 2003]

Para efeito de visualização, pode-se imaginar o sinal analógico como um sinal senoidal e o sinal digital como um sinal quadrático. [COSTA, 2003]

2.2.2 Conversão do Sinal Analógico para Sinal Digital

A transformação do sinal analógico em sinal digital ocorre através de 3 processos básicos:

- Modulação PAM, que é a transformação do sinal analógico em pulsos onde a amplitude do pulso é diretamente proporcional à amplitude do sinal amostrado. Esta modulação é utilizada como modulação secundária no processo de digitalização. [COSTA, 2003]
- Quantização, que é o processo de tornar o sinal modulado em PAM, dentro de níveis pré-estabelecidos de tensão chamados de Valores de Decisão; se o pulso está fora do nível de decisão, ele é aproximado para o próximo valor de modo a não existir conflitos. [COSTA, 2003]
- Modulação em código de pulso – PCM, que é a técnica de relacionar cada nível de decisão de um sinal modulado tipo PAM a um código binário. [COSTA, 2003]

2.3 Protocolos de Tempo Real

2.3.1 Conceito

Como se sabe, uma conversa telefônica acontece em tempo real; logo, é necessário o uso de protocolos especiais para transmissão da voz em tempo real. [COSTA, 2003]

Para tanto existem protocolos na camada de aplicação que se propõem a melhorar a entrega de dados que devem ser transmitidos pelos aplicativos. [COSTA, 2003]

2.3.2 Protocolo RTP

O protocolo RTP (*“Real-time Transport Protocol”*) pode ser entendido como uma sub-camada de transporte. [COSTA, 2003]

Este protocolo é normalmente aplicada sobre outro, da camada de transporte, o UDP, que apresenta uma característica interessante: possibilita a transmissão *“multicast”*⁷ com detecção de erros através de *“checksum”*⁸. [COSTA, 2003]

Para tanto, ele deve ser integrado à camada de aplicação, por meio de encapsulamento. Basicamente, serve para implementar funções de transporte para a entrega de dados em tempo real, encapsulando pacotes de dados com um cabeçalho que contém a informação necessária. [COSTA, 2003]

Maiores informações a respeito da estrutura do protocolo no Anexo A, deste trabalho.

2.3.3 Protocolo RTCP

O protocolo RTCP consiste em uma ferramenta que acompanha o protocolo RTP visando monitorar sua sessão. Durante uma sessão, tanto as fontes de dados

⁷ Multicast é um protocolo de alta velocidade usado para difundir áudio e vídeo na Internet. Permite que um conjunto de sites possa transmitir áudio e vídeo em tempo real a todos os outros.

⁸ Checksum é um valor calculado com a finalidade de testar a integridade dos dados.

como seus destinatários fazem relatórios sobre a transmissão e recepção dos pacotes RTP. [COSTA, 2003]

Estes relatórios são úteis, pois contém indicadores que permitem avaliar a necessidade ou não de melhorias da qualidade de serviço por parte das aplicações em si. Entretanto, para que não exista excesso deste tipo de tráfego (RTCP), a geração destes relatórios não apresenta um ritmo constante. Geralmente, é estipulado um valor máximo de 5% do tráfego na sessão. Não fosse esta limitação, em uma transmissão multicast, a quantidade de relatórios criados afetaria drasticamente a qualidade do serviço em questão. [COSTA, 2003]

Maiores informações a respeito da estrutura do protocolo no Anexo B, deste trabalho.

2.4 Camada de Aplicação

2.4.1 Padrão H.323

À medida que os computadores e seus sistemas operacionais possibilitam o uso da vídeo-conferência, a interoperabilidade torna-se cada vez mais importante. A fim de transmitir dados em tempo real, são necessários protocolos que levem consigo informações de sincronismo e de tempo. Assim, foi criado o protocolo H.323, específico para sistemas audiovisuais e de multimídia, que trata apenas da comunicação multimídia em redes de pacotes. [ARORA, 2000]

A recomendação H.323 cobre as exigências técnicas para serviços de comunicações de áudio e vídeo em redes que não provêem uma garantia de Qualidade de Serviço (QoS), trabalhando em cima de qualquer sistema operacional. Referências H.323 à especificação T.120 habilitam conferências que incluem uma capacidade de dados específica. Para esta distinção e operação de H.323 com T.120, o sistema operacional deve ser capaz de gerenciar codecs, protocolos e demais requisitos para que uma conferência possa operar e funcionar nos padrões H.323. [ARORA, 2000]

Maiores informações a respeito do detalhamento do protocolo H.323 no Anexo C, deste trabalho.

2.4.2 Session Initiation Protocol (SIP)

Este é um padrão da IETF para estabelecimento de conexões VoIP. Pode-se afirmar que é um protocolo de controle da camada de aplicação que serve para criar, modificar e finalizar sessões com um ou mais participantes. [ARORA, 2000]

A arquitetura do SIP é similar à do protocolo HTTP (protocolo cliente-servidor). Os pedidos são gerados por um cliente e enviados a um servidor. O servidor processa os pedidos e envia uma resposta ao cliente. O pedido e as respostas para este constituem a transação. [ARORA, 2000]

O SIP tem mensagens chamadas INVITE e ACK que definem o processo de abrir (criar) um canal seguro pelo qual as mensagens de controle da ligação passarão. O protocolo em si só provê estabilidade e não depende do TCP para este fator. Ele depende do SDP para realizar a negociação para identificação do codec. Ele suporta diversos cenários de sessão o que possibilita aos participantes a escolha dentre um conjunto de tipos de mídia compatíveis. E, por fim, suporta mobilidade do usuário através do uso de proxy e redirecionamento dos pedidos para o local mais próximo do usuário. Os serviços que também são providos pelo SIP são: [ARORA, 2000]

- Localização do usuário: determinação do sistema final que será usado para a comunicação em si;
- Configuração da ligação: toque e estabelecimento de parâmetros de ligação para ambos os usuários, tanto quem está ligando como quem está sendo chamado;
- Disponibilidade do usuário: determinação do estado atualizado do usuário que está sendo chamado para estabelecer a comunicação;
- Capacidade do usuário: determinação da mídia e parâmetros desta que deverão ser usados;

Maiores informações a respeito do detalhamento do protocolo SIP no Anexo D, deste trabalho.

2.4.3 Comparação entre o H.323 e o SIP

Existe um certo apelo para o protocolo SIP, visto que uma grande maioria afirma que o protocolo H.323 foi criado para atender as sinalizações ATM e ISDN, e por isso, não serve para controle de sistemas VoIP. [ARORA, 2000]

Essa grande maioria afirma que o H.323 é hereditariamente complexo, tem overheads e, então, é ineficiente para a tecnologia Voz sobre IP. Ela também reclama que o H.323 não provê a extensão necessária para a sinalização de um protocolo para VoIP. Já o SIP foi elaborado com a utilização da Internet em mente, evitando assim ambas as falhas de complexidade e extensibilidade. [ARORA, 2000]

O SIP reutiliza a maioria dos campos de cabeçalho, codificando regras, códigos de erro e mecanismos de autenticação para HTTP. O H.323 define centenas de elementos enquanto o SIP possui apenas 37 cabeçalhos, cada um com um pequeno número de valores e parâmetros. [ARORA, 2000]

O H.323 utiliza uma representação binária para suas mensagens, que é baseada em ASN.1, enquanto o SIP codifica suas mensagens em formato de texto, similar ao protocolo HTTP. O H.323 ainda é limitado na performance de detecção de loop em complexas procuras em multi-domínios. [ARORA, 2000]

A Tabela 2.1 apresenta um comparativo resumido entre os protocolos H.323 e SIP.

Tabela 2.1 – Comparação entre os protocolos H.323 e SIP

H.323	SIP
Protocolo Complexo	Comparativamente simples
Representação binária para suas mensagens	Representação textual
Pouco modular	Muito modular
Pouco escalável	Muito escalável
Sinalização complexa	Sinalização simples
Largamente usado no mercado	Provido pela IETF
Centena de elementos	Apenas 37 cabeçalhos
Detecção de loop é complicada	Detecção de loop comparativamente simples

2.5 Banda Passante e Largura de Banda

Banda passante é um conjunto de sinais situados entre os extremos de espectro⁹ de freqüências. A Largura de banda é a diferença entre o maior sinal e o menor sinal de uma banda de sinais.

2.6 Qualidade de Serviço (QoS)

Fundamentalmente, a Qualidade de Serviço serve para prover melhores serviços para alguns fluxos. [SILVA, 2000]

Isto é realizado através de mecanismos que aumentem a prioridade de um fluxo ou limitem a prioridade de outros fluxos. Quando se utiliza ferramentas de gerenciamento do congestionamento, tenta-se aumentar a prioridade de um fluxo através de filas ou serviço de enfileiramento de diferentes maneiras. [SILVA, 2000]

A ferramenta de gerenciamento de filas usada para evitar congestionamentos aumenta a prioridade através do descarte de fluxos de prioridade baixa que aparecem antes de fluxos de maior prioridade. O recurso de reserva de banda para pacotes com determinada prioridade e ajustamento do tamanho dos pacotes são técnicas que provêm transporte de dados prioritários em detrimento daqueles que não exigem comunicação em tempo real. [SILVA, 2000]

As ferramentas de QoS podem ajudar a aliviar a maioria dos problemas de congestionamento. Entretanto, muitas vezes existe muito tráfego para a capacidade da largura de banda, quando percebe-se que a utilização de ferramentas de QoS se torna apenas uma técnica improvisada. [SILVA, 2000]

2.7 Comunicação Tradicional x Voz sobre IP

Na telefonia tradicional, a rede segue uma arquitetura hierárquica, isto é, baseada em grandes centrais telefônicas interligadas obedecendo uma hierarquia e que é responsável pela inteligência da rede. Nesta arquitetura os terminais não

⁹ Espectro consiste na representação das componentes (ou raias ou termos) num gráfico que mostra suas amplitudes versus freqüência.

possuem inteligência e o seu endereçamento depende da geografia da área de abrangência da rede.

No ambiente de telefonia sobre IP, a rede é plana, especializada no roteamento e transporte de pacotes de dados, o que permite o oferecimento de diversos tipos de serviços. A inteligência está nos terminais, o endereçamento independe da localização física e o processamento e monitoramento das chamadas ocorrem em vários equipamentos espalhados em qualquer lugar da rede.

A telefonia tradicional, assim como a telefonia IP, necessita transformar o sinal de voz em sinal digital, pois nesta primeira o sinal de voz trafega em um circuito dedicado de 64 kbps¹⁰.

Neste caso, a banda é completamente alocada para a sessão de voz e a conversão analógica/digital ocorre nas centrais utilizando a codificação PCM G.711. Assim, resumidamente, ocorre a comutação por circuitos, sem filas ou atrasos intermediários.

A vantagem da rede tradicional é a disponibilidade, ou confiabilidade, do link. Ela apresenta os chamados cinco noves, que significam uma disponibilidade de 99,999% no ar. E, outro quesito importante é a qualidade da ligação que neste meio ainda é superior ao que ocorre na telefonia IP, pois o sinal não precisa ser compactado e nem mesmo aguardar a sua entrega em filas em roteadores.

¹⁰ Kbps é velocidade de tráfego de dados, equivalente a mil bits por segundo.

Capítulo 3: Cenários para um ambiente de Voz sobre IP

3.1 Elementos para Comunicação Voz sobre IP:

A seguir, estão listados os principais elementos de uma arquitetura de comunicação por voz baseada no protocolo IP.

- Rede IP – é uma rede de dados que utiliza o protocolo TCP/IP usada para o transporte e roteamento de pacotes de dados entre os diversos elementos da rede;
- PSTN – sistema público de telefonia convencional que interliga usuários residenciais e empresariais em âmbito nacional e internacional;
- PABX – é um equipamento para uso corporativo utilizado para possibilitar serviços privados de voz; este equipamento pode se conectar ao sistema de telefonia convencional e, dependendo das suas funcionalidades, pode se conectar a rede de dados através do protocolo IP;
- Telefone IP – é um tipo de aparelho de telefone preparado para a comunicação de voz sobre IP; ele possui todas as funcionalidades e protocolos necessários para suportar comunicação bidirecional de voz em tempo real e sinalização de chamadas; funcionalidades adicionais integradas dependem da finalidade e do custo deste terminal;
- Gateway – é um equipamento responsável pela interoperabilidade entre a rede IP e a rede PSTN, realizando a conversão de mídia em tempo real (analógica para digital) e conversão da sinalização para chamadas telefônicas; existe a possibilidade de separação dessas funções entre dois equipamentos dependendo do volume de trabalho que deve ser realizado;
- MCU – é um equipamento responsável pelos serviços de conferências entre 3 ou mais terminais. É composto por um “*Multipoint Controller*”, que serve para sinalizar as chamadas e um “*Multipoint Processor*”, responsável pelo processamento dos pacotes de voz dos terminais envolvidos na conferência;
- Gatekeeper – é um equipamento responsável pelo gerenciamento dos equipamentos dedicados a telefonia. Suas funções são executar a tradução do endereçamento, controlar o acesso dos equipamentos aos segmentos da

rede e controlar a banda necessária, autorizar as chamadas, gerenciamento dos contatos entre outras.

3.2 Cenários dos Ambientes

Conforme é mostrado abaixo, existem alguns cenários básicos para a implementação de VoIP:

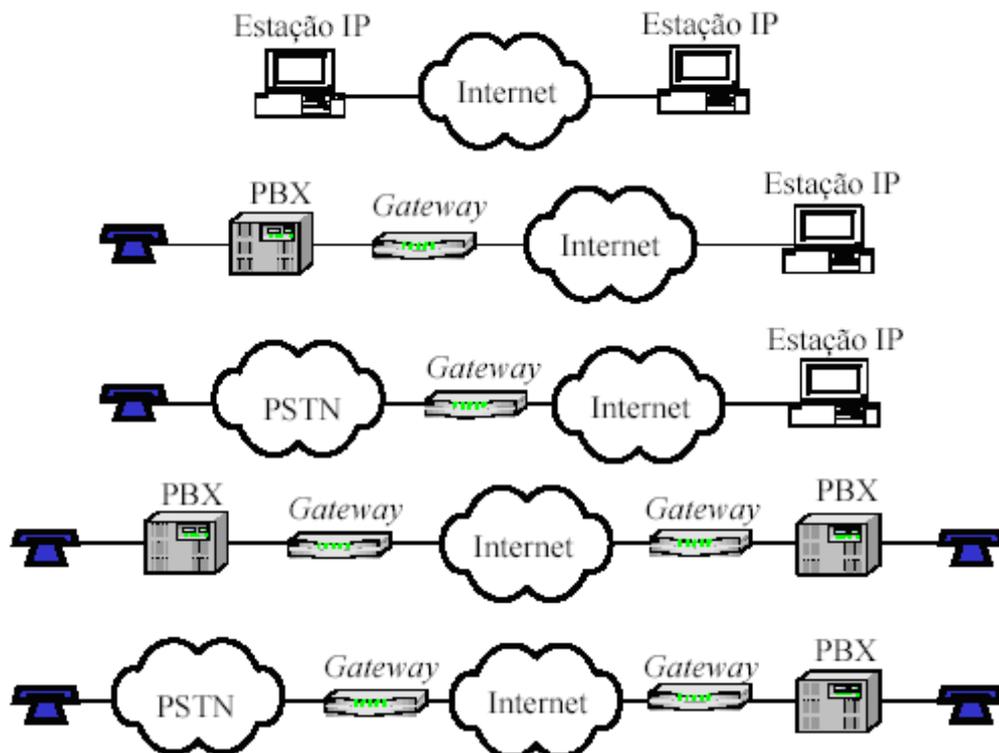


Figura 3.1 – Principais Cenários de VoIP [COSTA, 2003]

A Figura 3.1 apresenta os principais cenários de implementação de VoIP e estes serão abordados nos itens que se seguem.

3.2.1 Ligação de PC para PC

Este é o tipo mais comum de ligação através da Internet. Os pré-requisitos não são muitos, pois o necessário é ter um PC com placa de som e microfone e um “software” de telefonia IP, como, por exemplo, Netmeeting, Vocaltec, Skype etc.

Entretanto, é recomendado que tenha no mínimo 128 Mb¹¹ de Memória RAM¹². Opcionalmente, esta arquitetura pode ser usada para outros propósitos, como videoconferência¹³, desde que a conexão seja compatível e que haja outros recursos como uma Webcam¹⁴. [GT-VoIP, 2002]

Hoje em dia, é comum encontrar na maioria dos PCs residenciais usuários que descobrem a cada dia um novo contato através de comunicação via IP. E, provavelmente, é a partir desse fato que o mercado corporativo vem modificando a sua tecnologia a fim de acompanhar esta revolução nas técnicas de telecomunicação. [GT-VoIP, 2002]

3.2.2 Ligação de PC para Telefone tradicional

Esta comunicação ainda é pouco divulgada, pois é necessário um “gateway” que conecte a Internet com a rede de telefonia tradicional. Já existem “sites” na Internet que provêem este tipo de comunicação com tarifas bem menores que as cobradas pelas operadoras de telefonia comum. [GT-VoIP, 2002]

Este gateway pode ser tanto um roteador especial para realizar tal função ou mesmo um computador que possua uma placa que interligue a rede tradicional com o modem¹⁵ de banda larga e realize a compactação e codificação¹⁶ da voz. Este trabalho visa desenvolver este tipo de comunicação, pois para uma empresa com diversas filiais esta é uma das melhores soluções. [GT-VoIP, 2002]

¹¹ Mb é uma unidade de medida de armazenamento do computador. Um megabyte equivale a 1.024 kilobytes.

¹² RAM vêm do inglês Random Access Memory, que quer dizer memória de acesso aleatório. Aceita comandos de leitura e escrita. É onde são carregados e armazenados os programas, comandos que entram pelo teclado, mouse, etc.

¹³ Vídeo-conferência consiste na realização de uma comunicação entre dois ou mais participantes através da Internet podendo haver tanto troca de áudio como de vídeo.

¹⁴ Webcam é uma câmera especial para transmissão de vídeo para o computador.

¹⁵ Modem consiste na abreviação de Modulator/Demodulator - Dispositivo eletrônico que converte os sinais enviados pelo computador em sinais de áudio, que serão enviados ao longo das linhas telefônicas e recebidos por outro modem que irá receber o sinal sonoro e convertê-lo de volta em sinais de computador. O modem também discar a linha, responde a uma chamada e controla a velocidade de transmissão. A velocidade do modem é medida em bits por segundo (bps).

¹⁶ Codificação consiste na transformação do sinal de voz em bits que podem ser entendidos pelo computador.

3.2.3 Ligação de um Telefone para outro Telefone

O intuito desta solução é eliminar o custo de longa distância e permitir que o usuário continue a utilizar o seu aparelho de telefone comum. Este cenário exige a necessidade de mais “gateways” para conectar a Internet a diferentes redes telefônicas provendo uma forma de “bypass”¹⁷. [GT-VoIP, 2002]

Esta é uma solução muito interessante para as operadoras de telefonia comum que querem ser pioneiras na divulgação dos serviços de VoIP para o mercado residencial. [GT-VoIP, 2002]

É importante ressaltar que todo “gateway” deve conhecer os prefixos telefônicos e endereços IP dos outros “gateways” que acessam estes prefixos. Esta solução requer um tanto de ressalva quanto ao aspecto da segurança, pois os aparelhos das pontas ainda são os tradicionais telefones analógicos. [GT-VoIP, 2002]

3.2.4 Ligação de Telefone para Telefone ou PC para Telefone passando por um PABX

Este é um dos cenários mais comuns nos dias de hoje nos ambientes de pesquisa.

A UFRJ¹⁸ vem desenvolvendo um trabalho de interligação das principais universidades brasileiras e algumas outras entidades no intuito de reduzir o custo das ligações telefônicas. [GT-VoIP, 2002]

O projeto desta instituição visa interligar universidades e outras instituições eliminando a necessidade do uso de um provedor de telefonia fixa. O projeto está voltado para a interligação da central PABX com vários servidores de voz sobre IP. Estes servidores são necessários a partir do momento que cada universidade tem o seu ambiente tecnológico e, além disso, é necessário prover uma comunicação que não possua barreiras em termos de protocolo. [GT-VoIP, 2002]

O PABX pode ser de dois tipos: ou possuir uma placa de rede ethernet que possibilite a sua conexão a um ambiente de rede TCP/IP ou uma saída especial

¹⁷ Bypass consiste no roteamento/entrega dos pacotes em uma transmissão.

¹⁸ UFRJ é uma abreviação de Universidade Federal do Rio de Janeiro

para a conexão deste a um aparelho que faça esta intercomunicação. [GT-VoIP, 2002]

Além da redução de custos de operação, existem diversos outros fatores que são vantajosos nessa migração, como mobilidade (o número de ramal passa a não estar correlacionado com o lugar físico, mas com a pessoa que o detém), supressão da necessidade de um aparelho telefônico (a comunicação pode ser feita através do computador) e muitos outros. [GT-VoIP, 2002]

3.3 Preocupação com Desempenho

Existem diversos parâmetros que afetam a qualidade da voz, porém serão apresentadas somente as mais importantes.

O conceito de qualidade tem diferentes significados para diferentes pessoas. A qualidade da telefonia IP pode ser aferida em diferentes níveis que atendem a diferentes necessidades e cenários. Uma pequena empresa pode escolher implementar telefonia IP com uma boa qualidade de som ao invés de comprar novos equipamentos de rede que poderiam prover uma excelente qualidade de voz. A uma grande empresa de tele-marketing pode interessar uma excelente som de voz como parte de sua estratégia mercadológica. Assim, apresenta-se a seguir diversos fatores que permitem ao cliente escolher o nível de qualidade que melhor encaixa no seu perfil empresarial.

3.3.1 Atraso

Atraso é o tempo que leva para o pacote atravessar a rede entre a origem e o destino. Cada elemento da rede adiciona um tempo de atraso incluindo switches, roteadores, distância entre os pontos, firewalls e jitter decorrentes de buferizações. O atraso decorrente dos roteadores depende não somente do hardware, mas também das suas configurações como listas de acesso, métodos de enfileiramento, modos de transmissão etc. O atraso pode ter um efeito considerável na qualidade da transmissão de voz, porém é facilmente controlado em redes privadas. [AVAYA, 2002]

3.3.2 Jitter

Jitter é a medida da variância no tempo que leva para uma comunicação atravessar a rede da origem até o destino, ou seja, é a variância média estatística da entrega dos pacotes ou datagramas. [AVAYA, 2002]

Este fator pode criar problemas para a qualidade da voz se a variação for maior que 20 ms. Os sintomas de jitter excessivo são muito parecidos com os sintomas de um grande valor de atraso, pois em ambos os casos os pacotes são descartados se o atraso exceder metade do tamanho do buffer do jitter. [AVAYA, 2002]

Para compensar o jitter, muitos fabricantes implementam um buffer para o jitter nas aplicações de voz baseadas no protocolo H.323. O propósito deste desenvolvimento é segurar os pacotes recém-chegados por um período de tempo específico antes de redirecioná-los para o processo de descompressão, porém esta técnica pode aumentar o atraso dos pacotes. [AVAYA, 2002]

Estes buffers devem ser dinâmicos para prover a melhor qualidade, ou se estáticos, devem ser calculados pelo dobro da variância média estatística entre os pacotes. Os fabricantes de roteadores têm diversos métodos de enfileiramento para alterar o comportamento destes buffers. Entretanto, isto não é suficiente para definir o tamanho correto do buffer do jitter. [AVAYA, 2002]

A topologia da rede também pode afetar o jitter, pois existem menos colisões em uma rede com switches do que em uma rede cuja arquitetura é baseada na utilização de hubs. [AVAYA, 2002]

3.3.3 Perda de pacotes

A perda de pacotes pode ocorrer quando os pacotes são enviados, mas não são recebidos no destino devido a algum problema na rede. Qualificar problemas causados por perdas ocasionais de pacotes é difícil de realizar pois cada codec tem o seu próprio método de descarte de pacotes. Entretanto, é possível que a qualidade da voz seja melhor se forem utilizados codecs de compressão (G.729A) comparado a um codec que utiliza toda a banda (G.711). Vários fatores são responsáveis para

que os requisitos de perdas de pacotes variem conforme o cenário estudado, entre eles: [AVAYA, 2002]

- A perda de pacotes pode ser mais tolerável para um codec do que para outro;
- A perda de pacotes pode ser mais prejudicial para pacotes de voz maiores do que para menores;
- Perder mais pacotes contíguos é pior do que perder o mesmo número de pacotes em tempos espaçados;
- A retransmissão de pacotes quando em sinalizações TCP pode significar um aumento de 3% na perda dos pacotes.

A máxima taxa de perda de pacotes ou frames entre terminais finais deve ser de 1% para se garantir uma excelente qualidade ou de até 3% para se garantir uma qualidade melhor ou tão boa quanto a de uma comunicação via celular. [AVAYA, 2002]

3.3.4 Desordem dos pacotes

A desordem é, para VoIP, muito semelhante a perda de pacotes. Se um pacote chega ao seu destino fora da ordem, é geralmente descartado, pois não faz sentido lê-lo fora da ordem. A desordem pode ocorrer quando redes enviam pacotes através de diferentes rotas. Eventos planejados como balanceamento de carga ou eventos não-planejados como re-roteamento devido ao congestionamento, ou outras dificuldades transientes podem causar a desordem dos pacotes. [AVAYA, 2002]

3.3.5 Eco

Os dois tipos principais de ecos são acústico e impedância, porém as fontes de eco podem ser diversas. O eco resulta da transição de uma ligação VoIP para uma rede telefônica em péssimas condições de transmissão. Outra grande causa é a diferença de impedância entre sistemas de quatro cabos e sistemas de dois cabos. Ele também ocorre com o “encontro” de impedâncias diferentes existentes entre o

gancho e o seu adaptador telefônico. Este encontro causa a transferência de energia ineficiente. A energia da impedância deve ir para algum lugar e é então refletida de volta na forma de um eco. Usualmente, o que está falando ouve o eco mas o receptor não. [AVAYA, 2002]

Os canceladores de eco, que devem possuir um alto valor de memória, comparam a voz recebida com os padrões vigentes de voz. Se o padrão casa, a solução cancela o eco. Esta não é uma solução perfeita, entretanto. Em algumas circunstâncias, o problema é exacerbado em sistemas de telefonia IP. [AVAYA, 2002]

3.3.6 Supressão do silêncio e detecção de atividade de voz

O VAD (*“Voice Activity Detection”*) é um sistema que monitora o sinal recebido indicando a atividade da voz. Quando nenhuma atividade é detectada por um período de tempo pré-configurado, o software ou hardware informa o protocolo responsável pelo empacotamento da voz. Isso previne que a saída do codificador seja transportada através da rede quando apenas o que existe é o silêncio, o que poderia resultar na utilização desnecessária da largura de banda. O sistema também pode medir algumas características de baixa transmissão na interface da rede, podendo então reportar ao terminal remoto para que este possa ativar algum método de supressão de ruído enquanto o sinal de voz não se fizer presente. [AVAYA, 2002]

3.3.7 Modo de transmissão

A rede LAN ideal para a transmissão de pacotes VoIP é uma rede que utilize a arquitetura de switches em todos os pontos pois esta reduz significativamente, e pode eliminar, a ocorrência de colisões, o que não acontece quando se utiliza segmentos compartilhados com hubs. O modo de transmissão deve ser full-duplex para que não existam problemas de velocidade e definição das negociações que se fizerem necessárias à comunicação. Os outros dois tipos de transmissão, duplex e half-duplex, não são interessantes para a comunicação VoIP porque representam um modelo muito inferior se comparado aos que existem hoje na telefonia tradicional. [AVAYA, 2002]

3.3.8 Codecs

A codificação da voz é feita em dispositivos designados Coder e Decoder, os quais além de converterem os sons analógicos em digitais e vice-versa, em geral, também efetuam compressão/descompressão do sinal digital, de modo a reduzir o débito final do sinal codificado. [CISCO, 1999]

Indicam-se alguns dos codecs mais usados atualmente, a técnica de codificação utilizada, o ritmo binário gerado, o atraso de empacotamento e a qualidade da voz medida através do parâmetro MOS (Mean Opinion Score), definida pelo ITU-T na recomendação P.800. O MOS é obtido através de testes, em que um conjunto de ouvintes avaliam a qualidade da voz numa escala de 1 (baixo) a 5 (alto). [CISCO, 1999]

A Tabela 3.1 apresenta um comparativo entre os codecs de voz.

Tabela 3.1 – Comparação entre codecs de voz [RODRIGUES, 2003]

Codec	Técnica de compressão	Ritmo (Kbps)	Delay (ms)	MOS
Linear	Linear – sem compressão	128	0,125	4,5
G.711u/A	PCM – Pulse Code Modulation	64	0,125	4,1
G.726-32	ADPCM – Adaptive Diferencial PCM (16, 24, 32 or 40 Kbps)	32	0,125	3,8
G.728	LD-CELP – Low-Delay Code-Excited Linear-Prediction	16	3-5	3,6
G.729A	CS-ACELP – Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction	8	10	3,7
G.723.1	MP-MLQ	6,3	30	3,6
G.723.1	ACELP Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction	5,3	30	3,1

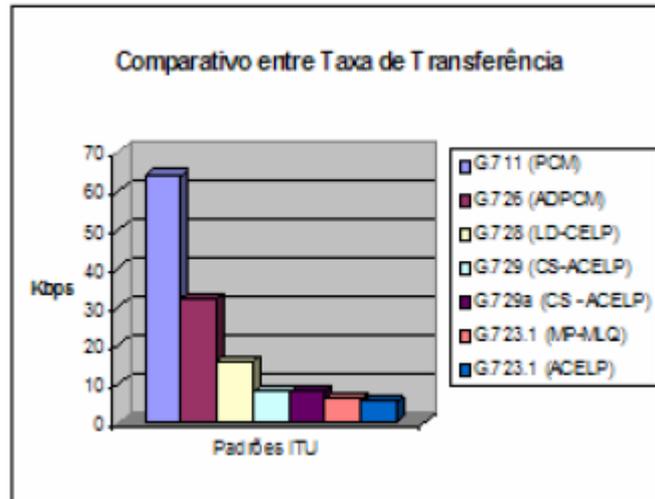


Figura 3.2 – Comparativo de Taxas de Transferência entre codecs padrões ITU-T. [QUEIROZ, 2002]

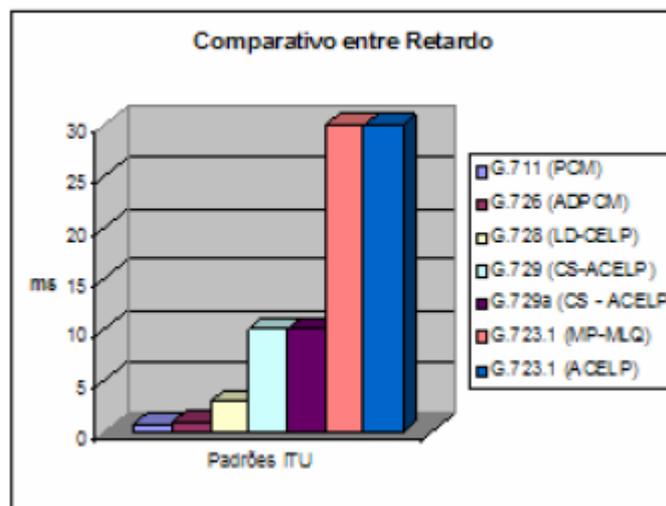


Figura 3.3 – Comparativo de Retardo entre codecs padrões ITU-T. [QUEIROZ, 2002]

As figuras 3.2 e 3.3 apresentam, respectivamente, um comparativo de taxas de transferência e um comparativo de retardo entre os codecs padrões da ITU-T.

Resumidamente, Qualidade de Serviço é um quesito extremamente importante para a convergência dos dados, mas seu nível depende de quanto o cliente está disponível a investir. Existem meios de se determinar o quanto uma rede pode alcançar em qualidade de serviço de voz, tais como fidelidade da voz, disponibilidade da rede online, escalabilidade, tempo de manutenção dos serviços inerentes aos aparelhos etc. [CISCO, 1999]

3.4 Mercado de Serviços de Voz sobre IP

Segundo a empresa de pesquisa de mercado IDC, o mercado de voz sobre IP irá superar a rede de telefonia tradicional na quantidade de minutos utilizados dentro de dois anos. [CISCO, 2004]

A época em que isso está previsto para acontecer é a metade do ano de 2006. Hoje cerca de 1/3 das ligações ocorre através da comunicação por IP. [CISCO, 2004]

Na América Latina, esta tecnologia já garantiu 20% do mercado corporativo, visto que a maioria das empresas dessa região afirmaram que a redução de custos é o fator determinante na implantação da tecnologia de VoIP. [CISCO, 2004]

No fator compatibilidade, o próximo objetivo é conquistar a flexibilidade no uso de aparelhos de diferentes fornecedores, que poderá ser conquistado a partir do uso do protocolo SIP, cujas facilidades devem aparecer dentro de alguns anos. [CISCO, 2004]

3.4.1 Regulamentação do serviço VoIP

A grande alavancada no setor de telecomunicações a partir da utilização do protocolo Internet nas ligações tem sido responsável por uma certa preocupação mundial, pontuada por interesses econômicos e políticos. [PEIXOTO, 2004]

Este movimento tem sido mais forte nos Estados Unidos, que apresenta o melhor mercado para provedores da telefonia digital, entretanto, não se pode ocultar os avanços no Canadá, Austrália e Suécia. [PEIXOTO, 2004]

No 1º semestre de 2004, houve um encontro de congressistas nos Estados Unidos cuja intenção era normalizar os serviços de VoIP naquele país. Este projeto de lei, chamado de **Voip Regulatory Freedom Act of 2004**, elaborado pelo Senador John Sununu, começa a sua trajetória perante o poder legislativo norte-americano. [PEIXOTO, 2004]

Entre as principais abordagens deste projeto, podemos citar: [PEIXOTO, 2004]

- A regulação do VoIP nos EUA é monopólio do Governo Federal norte-americano;
- É expressamente proibido a qualquer Estado ou entidade estadual a emissão de lei, norma, regra, regulamentação ou qualquer outra provisão legal sobre oferta de serviços e aplicações VoIP;
- É proibido a delegação de poderes de regulamentação de VoIP por parte da administração federal a um Estado ou subdivisão política;
- É prevista a interceptação das chamadas efetuadas através de VoIP mediante autorização do governo americano;
- Deve-se definir um provedor de VoIP que possa atender as necessidades de segurança (polícia, bombeiros etc) e de portadores de necessidades especiais;
- É vedada a cobrança de taxas estaduais ou locais aos serviços de VoIP.

Entretanto, a regulação dos serviços VoIP sofrerá várias oposições visto que ainda são vistos como rede de dados onde trafegam informações. A guerra está longe de ter um fim previsível, e no Brasil, vive-se um momento nebuloso, por parte da Anatel, que ainda exige a outorga do Serviço de Comunicação Multimídia para operações VoIP, em qualquer modalidade. [PEIXOTO, 2004]

3.4.2 Perspectivas futuras da tecnologia VoIP no Brasil

Segundo notícia divulgada no site Portal Exame, os investimentos na tecnologia de voz sobre IP no Brasil no primeiro semestre deste ano superam em 100% o que foi investido no ano passado. Embora apenas 5% do volume de compras de equipamentos de rede tenha sido voltado para esta tecnologia, existe uma forte expectativa de que o crescimento desta tecnologia em termos anuais será cerca de 73 vezes maior que o mercado em si.

Segundo o IDC, no Brasil a comunicação através de VoIP tende a superar a telefonia tradicional dentro de 4 a 5 anos. Hoje o Brasil tende a manter sua posição como segundo lugar da América Latina em matéria de utilização de comunicação via IP. No ano passado, o país foi responsável por 21% da receita operacional bruta da

América Latina deste mercado, perdendo apenas para o México que atingiu 49% da receita.

No Brasil, as operadoras de TV a Cabo já oferecem serviços de banda larga, sendo que o próximo passo é a oferta de serviços de VoIP. Esta tecnologia pode oferecer algumas vantagens a estas empresas, como, por exemplo:

- Novas oportunidades de negócios com tarifas menores;
- Mobilidade aos usuários que terão números independentemente da região em que estiverem;
- Serviços de tele-marketing e tele-vendas;
- Comunicação via web;
- Conquista de novos clientes.

Maiores informações a respeito das principais empresas relacionadas com a tecnologia VoIP no Anexo E, deste trabalho.

3.5 Elementos gerais

3.5.1 Modelo E

Com a grande alavancada no uso de equipamentos e outras soluções de VoIP nos mais diferentes mercados (residencial, corporativo, internacional), foi necessário definir um método para avaliar a qualidade da voz entre os terminais fim a fim. O Modelo E implementa um método que se baseia na adição dos termos que representam qualquer distorção na qualidade da voz, como atrasos, ecos, ruídos provocados pelos próprios equipamentos, entre outros.

O princípio básico deste Modelo, definido segundo a Recomendação ITU-T G.107 [9], baseia-se na definição de que fatores psicológicos ordenados segundo uma escala subjetiva são aditivos. E o resultado final na computação dos fatores de perda e degradação do sinal é um fator escalar, que varia de 0 a 100.

Entre os fatores que podem influenciar cada parte da soma do fator de avaliação de qualidade do sinal de voz, podemos citar:

- Relação sinal-ruído básica – está diretamente ligada ao ruído proveniente dos circuitos de transmissão, ao ruído advindo do ambiente que se encontra ao lado do receptor e do emissor e ao ruído relacionado a sensibilidade do nosso aparelho auditivo;
- Fator de perdas simultâneas – refere-se às perdas provenientes de queda de qualidade da voz resultante do volume excessivo dos equipamentos envolvidos na conexão, interferência causada pelo próprio microfone que é utilizado na comunicação e perdas no processo de quantização da voz.
- Fator de perdas associadas ao atraso – associado às perdas decorrentes do eco na origem e no destino e às perdas causadas pelo longo atraso absoluto da voz.
- Fator de perdas associadas ao equipamento – condicionado às perdas pela utilização de codecs com baixa taxa de transmissão de bits.
- Fator de vantagem – define o nível de tolerância que um usuário percebe na utilização de uma determinada tecnologia.

A determinação de cada um destes valores e o resultado final é obtido a partir do uso de fórmulas matemáticas obtidas experimentalmente e através de teorias básicas do som. [LUSTOSA; CARVALHO; RODRIGUES; MOTA, 2003]

3.5.2 Rede WAN

Até que a largura de banda sobre redes WANs se torne acessível em termos de custos para qualquer velocidade, disponibilizar largura de banda específicas para determinadas aplicações através da WAN continua a ser uma tarefa desafiadora. Quando tráfego de voz é transmitido através de pacotes de dados, são criados diferentes rótulos ou filas para que estes possam trafegar com prioridade sobre aqueles que não necessitam de tal recurso. A existência de pacotes de dados muito grandes pode resultar em um atraso contínuo na transmissão de pacotes VoIP por estes links. Isso acontece devido ao fato de que pacotes de voz menores são mantidos presos nas filas enquanto os maiores são transmitidos com prioridade máxima. Assim, para se evitar um atraso excessivo, deve-se prover uma arquitetura

de fragmentação de pacotes maiores e permitir que a prioridade dada aos menores possa concorrer com os outros, desde que todos sejam de voz.

Uma das técnicas é ajustar o tamanho dos pacotes de acordo com um MTU padronizado. O tamanho mínimo de um MTU não deve ser menor que 300 bytes e nem maior que 550 bytes. Entretanto, em redes LAN este valor pode alcançar 1500 bytes. É importante lembrar que reduzir o tamanho do MTU irá causar uma sobrecarga de trabalho e reduzir a eficiência das aplicações de dados. Outras técnicas, como Multilink PPP (MPP) Link Fragmenting and Interleaving (LFI), e Frame Relay Fragmentation (FRF12) permite aos gerenciadores da rede fragmentar pacotes grandes, e, também, acelerar a velocidade de distribuição de pacotes RTP (Real Time Protocol) realizada pelos mecanismos de filas sem aumentar significativamente o processamento dos protocolos o que causaria danos a rede. Finalmente, os protocolos que realizam compactação de cabeçalho como CRTP (Compressed Real Time Protocol) também podem, e devem ser usados em transmissão através da WAN, sendo que apenas os hardwares baseados neste protocolo agregam um valor eficiente com valores mínimos de atraso. [AVAYA, 2002]

3.5.3 VPN

Existem muitas definições de VPN (Virtual Private Networks), porém neste trabalho este conceito refere-se ao tunelamento criptografado que carrega dados empacotados entre sites remotos. As VPNs podem usar links privados ou a Internet através de um ou mais provedores de acesso. Elas são implementadas em ambos os casos por hardwares e softwares dedicados, mas também podem ser integradas como uma aplicação para pacotes de hardware e software. Um exemplo comum de um pacote integrado é um produto de firewall que pode conter uma barreira contra acesso não autorizado, de forma tão eficiente quanto pode realizar tarefas de segurança necessárias para uma sessão VPN.

O processo de criptografia pode durar desde menos de 1 milissegundo até 1 segundo ou mais, em cada terminal final. Obviamente, as VPNs podem representar uma grande fonte de atraso e, por isso, afetar negativamente a performance da

transmissão de voz. Adicionalmente, como a maioria dos tráfegos de VPNs rodam através da Internet e existe um controle mínimo de parâmetros de QoS para esse tráfego, a qualidade da voz pode apresentar deterioração devido a grande quantidade de pacotes descartados, os atrasos e o jitter. Em contrapartida, os usuários podem negociar um acordo com o provedor de tráfego VPN para garantir um nível de serviço aceitável. Assim, antes de implementar o serviço de VoIP em uma VPN, os usuários podem testar suas redes para certificarem-se de que esta está habilitada aos pré-requisitos de tal serviço. [AVAYA, 2002]

3.5.4 NAT

A implementação de VoIP em redes que utilizam NAT pode exigir um esforço administrativo maior do que o esperado porque a maioria dessas implementações não suportam o protocolo H.323. O endereço IP de destino é encapsulado em mais de um cabeçalho: Q.931, H.225 e Cabeçalhos IP. A utilização de NAT modifica apenas o endereço no cabeçalho IP resultando em uma confusão que proíbe o controle das ligações. [AVAYA, 2002]

Capítulo 4: Implementação – VoIP em Redes Heterogêneas

4.1 Projeto da Implementação

O ambiente de implementação deste projeto foi criado conforme mostra a Figura 4.1. Além da implementação do servidor de interligação entre a rede de dados baseada no protocolo TCP/IP e a rede de telefonia tradicional, foi necessário o desenvolvimento de um servidor Gerador de Tráfego para permitir a geração de gráficos de desempenho da arquitetura em si.

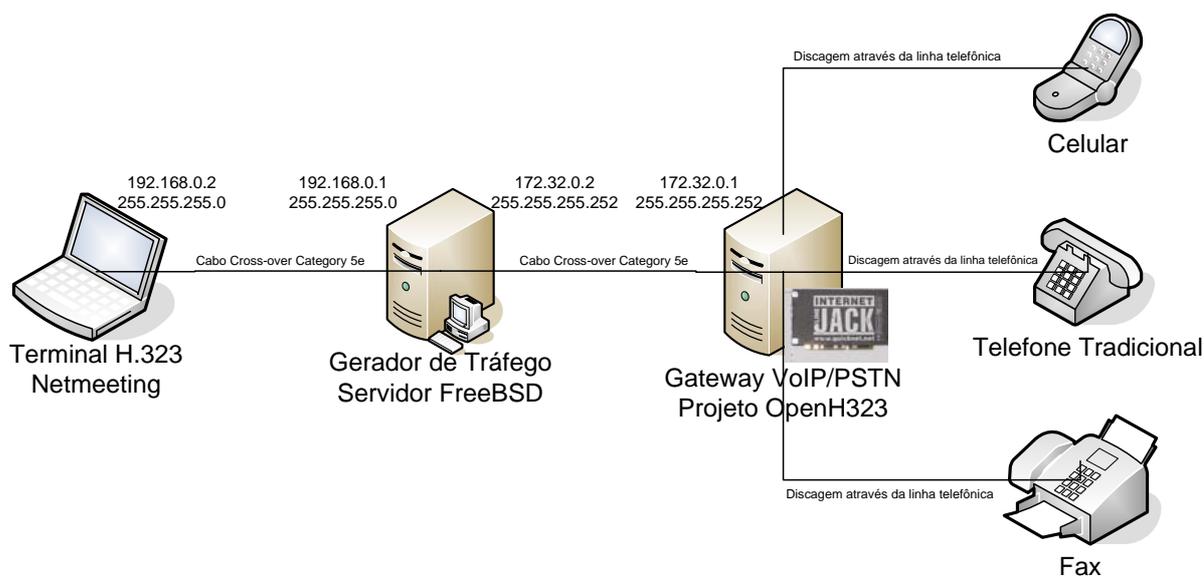
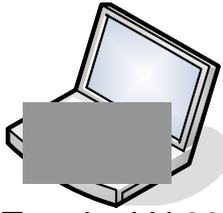


Figura 4.1 – Protótipo de Comunicação entre uma rede IP e um aparelho de comunicação comum.

4.2 Configuração do ambiente de homologação

4.1.1 Descrição dos computadores

No projeto em si, foram utilizados equipamentos conforme a necessidade de hardware para cada tarefa, conforme é detalhado a seguir:



Terminal H.323
Netmeeting

- Processador Intel Pentium 4 2.3 Ghz
- 512 Mb Ram
- HG 40 Gb
- Sistema Operacional: Microsoft Windows XP
- Software especial: Microsoft Netmeeting e OpenPhone



Gerador de Tráfego
Servidor FreeBSD

- Processador Intel
- Pentium 4 2.4 Ghz
- 512 Mb Ram
- HG 80 Gb
- Sistema Operacional: FreeBSD Versão 5.3
- Software especial: IPFW (Nativo)



Gateway VoIP/PSTN
Projeto OpenH323

- Processador Intel Pentium II MMX 233 MHz
- 256 Mb Ram
- HG 20 Gb
- Sistema Operacional: Linux Red Hat 9
- Software especial: OpenH323 PSTNGW

4.1.2 Descrição da Placa Quicknet LineJack

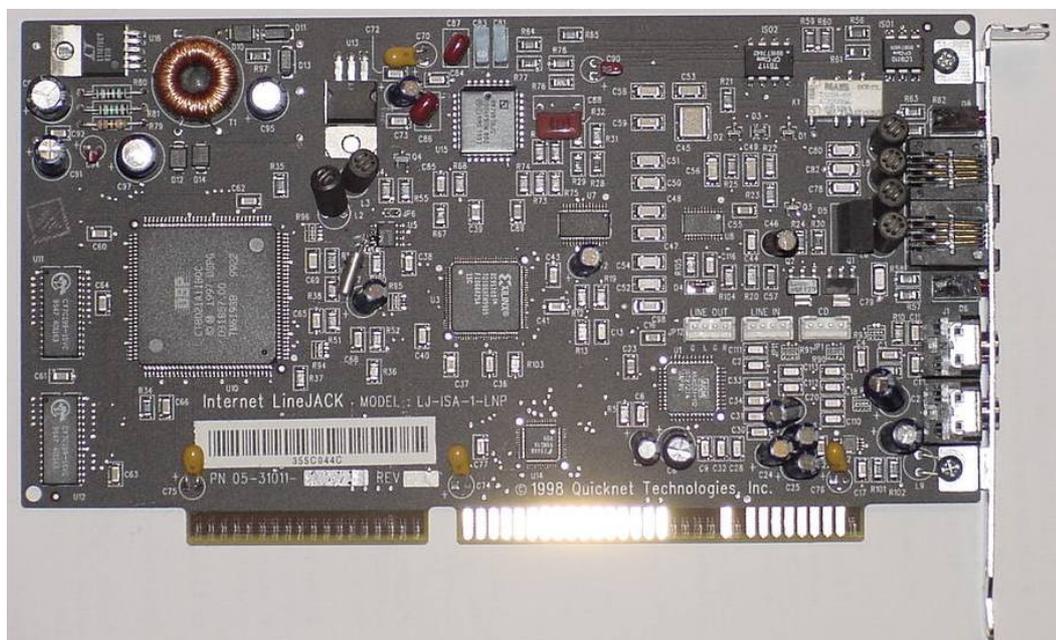


Figura 4.2 – Visão superior da Quicknet LineJack

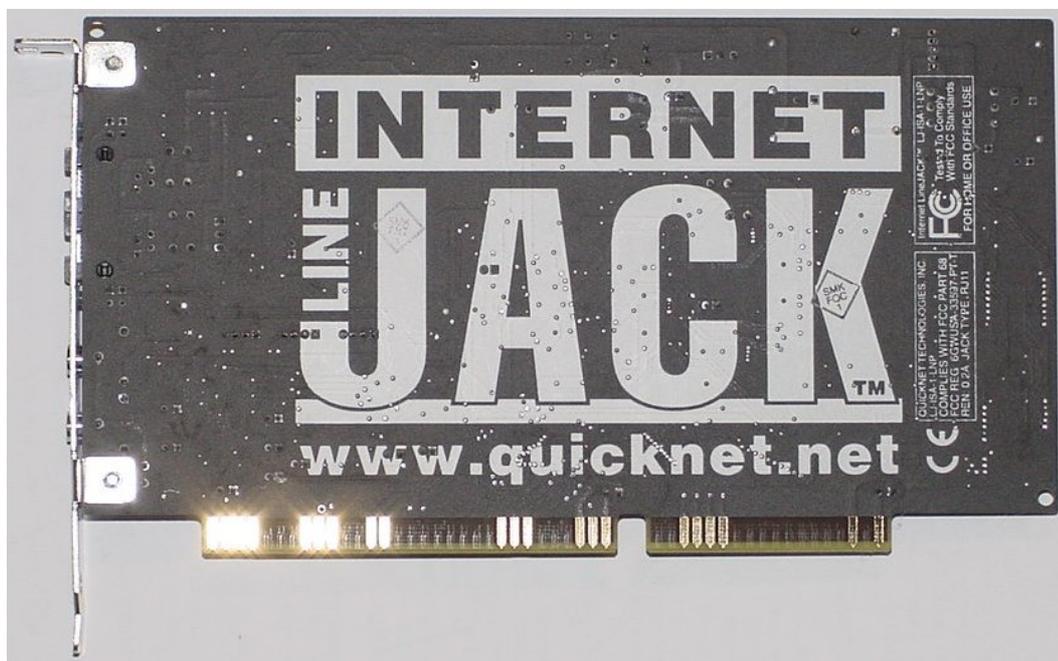


Figura 4.3 – Visão inferior da Quicknet LineJack

Segue abaixo as especificações técnicas da placa Quicknet Linejack fornecidas pelo próprio fabricante, na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Especificações técnicas da placa Quicknet Linejack

Interface	RJ45 10/100 Base-T x1 (Internet) RJ-11 x1 (FXS phone connection) RJ-11 x1 (FXO line connection) Entrada e saída de áudio
Protocolo	H.323 ou SIP
Áudio	Codec: G.711, G.723.1 Implementação de técnica de supressão de silêncio
Tons	DTMF, tom de discagem, tom de retorno, tom de ocupado
Protocolos de redes suportados	PPPoE (PAP/CHAP) SNMP TFTP RTP/RTCP NTP, TCP/UDP/IP, ICMP, DNS, ARP ToS/DiffServ 802.1p/q
Barramento	ISA
Aplicação	Baseada em códigos livres fornecidos pelo Projeto OpenH323 e SIP Residential Gateway
Atualização	Atualização de firmware via FTP/HTTP
Temperatura de Operação	0~40 °C

4.3 Implementação

4.3.1 Gateway IP/PSTN

O primeiro passo é instalar o sistema operacional, que corresponde a um sistema aberto, ou seja, seu código é livre. Este sistema vêm sendo largamente utilizado nas implementações de servidores em ambientes corporativos, pois embora o treinamento de pessoal seja uma barreira, ele provê segurança e velocidade quando comparado ao Microsoft Windows. Além dos aplicativos comuns, é necessário instalar algumas bibliotecas adicionais, como gcc, kernel-source, glib e outras que estão no pacote de ferramentas de desenvolvimento. A distribuição adotada foi o Red Hat 9, pela familiarização adquirida em outras disciplinas do curso de Engenharia da Computação do UniCEUB. Pode ser necessário alterar o valor automático da partição de SWAP, que deve ter aproximadamente 512 Kb.

O segundo passo é realizar o download dos drivers e bibliotecas necessárias a conclusão do projeto. Existe tanto opção de trabalhar com o protocolo H323 como com o protocolo SIP. Nesse caso, o primeiro foi escolhido por ainda liderar o mercado de software de telefonia IP, como por exemplo, o Netmeeting disponível na instalação padrão do Microsoft Windows.

O projeto escolhido para a validação do servidor foi o OpenH323, disponível no site www.openh323.org. Ele tem por objetivo criar um pacote de softwares interoperáveis e dotados de recursos novos utilizando a implementação do código livre do protocolo H323 (openh323) desenvolvido pelo ITU-T. Este projeto está sendo supervisionado pelo fabricante Quicknet Technologies Inc, que inclusive é o fabricante da placa de modem especial usada neste projeto.

Para o desenvolvimento deste projeto foram usadas as seguintes bibliotecas: PWLib e OpenH323, necessárias a qualquer implementação de servidor disponibilizado no projeto OpenH323. Além desses, foram utilizados os códigos do PstnGw e os drivers da placa LineJack da Quicknet Technologies Inc.

Segue abaixo cada um dos procedimentos adotados para instalar as respectivas bibliotecas. Será levado em consideração que os arquivos necessários encontram-se na raiz do CD-ROM e que a placa LineJack já esteja conectada em um slot ISA neste computador.

➤ PWLib

- cd
- mount /mnt/cdrom
- cp /mnt/cdrom/pwlib_1.5.2.tar.gz ~
- tar -zxvf pwlib-1.5.2.tar.gz
- cd /etc
- vi profile
- Adicionar as linhas e salvar a alteração
 - PWLIBDIR=/root/pwlib
 - export PWLIBDIR
 - OPENH323=/root/openh323
 - export OPENH323
 - LD_LIBRARY_PATH=/root/pwlib/lib:/root/openh323/lib

- export LD_LIBRARY_PATH
 - cd pwlib
 - ./configure
 - make both

- OpenH323
 - cd
 - cp /mnt/cdrom/openh323_1.12.2.tar.gz ~
 - tar -zxvf openh323_1.12.2.tar.gz
 - cd openh323
 - ./configure
 - make opt

Seguindo com a implementação, agora será descrito a compilação dos drivers da placa e do programa que realizará a tarefa de intercomunicação.

- Drivers – Quicknet LineJack
 - cd
 - cp /mnt/cdrom/ixj-3.1.0_src.tar.tar ~
 - tar -zxvf ixj-3.1.0-src.tar.tar
 - cd ixj-3.1.0-src
 - ./configure
 - make install
 - modprobe ixj
 - vi /etc/rc.d/rc.local
 - Adicionar a linha: modprobe ixj (salvar a alteração)

- Software Pstngw
 - cd
 - cp /mnt/cdrom/pstngw_1.2.2.tar.gz ~
 - tar -zxvf pstngw_1.2.2.tar.gz
 - cd pstngw

- `cd obj_linux_x86_d`
- `./pstngw -q 0 -no-gatekeeper`

A partir disso, já é possível que as chamadas para números convencionais sejam realizadas através de softwares IP (baseados no protocolo H.323) Por exemplo, para se utilizar o Netmeeting basta configurá-lo para utilizar um gateway para realizar as chamadas e incluir o IP a que este computador está associado. No campo do número a ser chamado, apenas deve-se digitar o número que o computador irá discar.

4.3.2 Firewall

Para este servidor, o sistema operacional adotado foi o Linux FreeBSD, também livre, porém mais seguro e capaz de atuar como gerador de tráfego de rede através de um componente nativo de firewall, chamado de IPFW.

Após a instalação completa dos pacotes disponíveis no CD de instalação, são necessárias algumas configurações até que o servidor esteja pronto para ser utilizado no projeto em questão, que são:

- Configurações de rede:
 - `vi /etc/rc.conf`
 - `hostname="free.engenharia.ceub.br"`
 - `ifconfig_rl0="inet 192.168.0.1 netmask 255.255.255.0"`
 - `ifconfig_sys0="inet 172.32.0.2 netmask 255.255.255.252"`
 - `router_enable="YES"`
 - `router="/sbin/routed"`
 - `sendmail_enable="NONE"`
- Modificação do Kernel para habilitar o IPFW
 - `cd /usr/src/sys/i386/conf`
 - `cp generic free`
 - `identity free`
 - (Seguir até o final do arquivo)

- options IPFIREWALL
- options IPFIREWALL_VERBOSE
- options IPFIREWALL_VERBOSE_LIMIT=100000000
- options IPFIREWALL_FORWARD
- options TCP_DROP_SYSFIN
- options ICMP_BANDLIM
- options TCPDEBUG
- options DUMMYNET
- options HZ=1000
- (Esc) + :wq
- config free
- cd ../compile/free
- make depend & make all & make install & shutdown -R now
- vi /usr/src/sys/i386/conf/free
- (Remover a referência ao IPv6)

➤ Configurando o IPFW

- cd etc
- vi delay.sh
- /sbin/ipfw add pipe 1 ip from any to any
- /sbin/ipfw pipe 1 config plr 0
- /sbin/ipfw pipe 1 config delay 500

Capítulo 5: Resultados e Simulações

5.1 Decorrer do Projeto

5.1.1 Problemas

A primeira fase do projeto prático corresponde ao período de início de estudos acerca da implementação de um servidor que permita a interligação da rede de telefonia tradicional com a rede de dados baseada no protocolo IP utilizando um modem tradicional. Para isso, seria necessário implementar um programa através da linguagem C++ (constante da proposta de projeto final). Depois de realizado uma leitura de manual de linguagem C++, construí um fluxograma do que seria necessária implementar em código.

Esta fase foi interrompida quando, em contato com algumas empresas e técnicos que já tentaram realizar tal protótipo, concluíram a inconveniência no uso de ferramentas desta natureza.

Com isso, cheguei a segunda fase, caracterizada pela compra de um adaptador constante da proposta de projeto final. Este é um equipamento que é conectado a um cabo Ethernet com banda larga e a um telefone tradicional transformando-o em um telefone IP. Esta aquisição custou cerca de R\$ 350,00. Embora não tenha sido aproveitado na implementação do servidor em si, foi de grande valia para a avaliação do protocolo SIP.

Seu nome é BVA-8051 e seu fabricante é Leadtek Research Inc. Suas especificações são apresentadas a seguir, na Tabela 5.1.



Figura 5.1 – Adaptador SIP Leadtek BVA 8051

Tabela 5.1 – Especificações técnicas do Adaptador SIP

Interface	RJ45 10/100 Base-T x1 (Internet, all models) RJ-11 x1 (FXS phone connection, all models) RJ-11 x1 (FXO line connection, 8051S)
Protocolo	SIP- RFC3261
Áudio	Codec: G.711, G.723.1, G.726, G.729ab VAD (Voice Activity Detection) CNG (Comfort Noise Generation) AEC (Acoustic Echo Cancellation) G.165/G.168 Empacotamento durante detecção de tom DTMF e implementação de técnica de supressão de silêncio, buferização dinâmica de jitter e redução de perda de pacotes.
Tons	DTMF, tom de discagem, tom de retorno, tom de ocupado
Protocolos de redes suportados	PPPoE (PAP/CHAP) SNMP TFTP RTP/RTCP NTP, TCP/UDP/IP, ICMP, DNS, ARP ToS/DiffServ 802.1p/q
Características	Bina, Ligação em espera, Conferência, Redirecionamento de ligações.
Atualização	Atualização de firmware via TFTP/HTTP
Voltagem	Input AC100 or 240V, Output 12VDC
Temperatura de Operação	0~40 °C
Umidade suportada	5% to 95 %

Este equipamento não foi utilizado na implementação da comunicação IP/PSTN, pois a sua utilização não permite a conexão com um computador.

Entretanto, foi interessante utilizá-lo na avaliação do protocolo SIP. Em testes realizados com este equipamento, tanto em redes locais como redes WAN, estas foram suas notas:

Tabela 5.2 – Avaliação do Adaptador SIP

Configuração	5,0
Portabilidade	10,0
Qualidade de voz	7,0
Suporte do Fabricante	9,0
Suporte a NAT	4,5

A avaliação do Adaptador SIP, apresentada na Tabela 5.2, foi realizada conforme as seguintes condições:

- Configuração: Descontado 0,5 ponto para cada item de configuração que não aceitava alteração, que poderia resultar em melhora da qualidade da comunicação;
- Portabilidade: Nota máxima em virtude do tamanho reduzido;
- Qualidade de voz: Descontado 0,5 ponto por falha em uma chamada de 5 minutos;
- Suporte do Fabricante: Descontado 1,0 ponto apenas, pois o fabricante atendeu a quase todas as solicitações enviadas por e-mail.
- Suporte a NAT: Descontado 0,5 ponto a cada vez dentre 20 ligações em que era necessário realizar a atualização do IP no servidor da Leadtek.

5.1.2 Soluções

As soluções viáveis para o desenvolvimento do projeto de implementação do Gateway IP/PSTN surgiram a partir de um contato com a equipe de desenvolvimento do Laboratório de Voz sobre IP da UFRJ. Pode-se considerar esta a terceira e última fase da parte prática. Um dos seus consultores me indicou diversos documentos e relatórios que poderiam auxiliar o desenvolvimento do projeto. E, com o intuito de solucionar o problema, ele me enviou alguns testes que foram realizados com uma placa especial de transmissão VoIP, a LineJack da Quicknet Technologies Inc. Este

hardware faz parte das inúmeras implementações realizadas pelo projeto da UFRJ. Em comparação com a comunicação através de uma linha comum, apresentou, segundo testes realizados pela equipe, uma qualidade de voz boa e diante da possibilidade de utilização de código livre para a sua implementação, o custo/benefício acaba sendo razoável. E assim, foi adquirida diretamente do fabricante pelo valor de R\$ 1825,00 com impostos. A partir desse momento, era necessário realizar uma bateria de avaliações no intuito de conhecer as vantagens e desvantagens de cada arquitetura e suas possíveis contribuições para o desenvolvimento do projeto.

Suas especificações foram apresentadas na Tabela 4.1, mas sua avaliação é apresentada na Tabela 5.3:

Tabela 5.3 – Avaliação da placa QuickNet Linejack

Configuração	7,5
Escalabilidade	9,0
Qualidade de voz	8,5
Suporte do Fabricante	6,5

A avaliação da placa Quicknet LineJack, apresentada na Tabela 5.3, foi realizada conforme as seguintes condições:

- Configuração: Descontado 0,5 ponto para cada item de configuração que não aceitava alteração, que poderia resultar em melhora da qualidade da comunicação;
- Escalabilidade: Descontado 1,0 ponto pela impossibilidade de uso da placa com ramais virtuais.
- Qualidade de voz: Descontado 0,5 ponto por falha em uma chamada de 5 minutos;
- Suporte do Fabricante: Descontado 0,5 ponto por solicitação não atendida pelo fabricante;

5.2 Simulações

5.2.1 Qualidade da Voz

A utilização de VoIP como método de comunicação de voz pode ser estudada de diversas maneiras. Em primeiro lugar, existe a possibilidade de comunicação PC a PC, já descrita no capítulo 3, que apresenta um índice de qualidade surpreendente. Em testes elaborados utilizando os softwares Netmeeting (disponível no site <http://www.microsoft.com/windows/netmeeting>), Skype (disponível no site <http://www.skype.com>) e Xten (disponível no site <http://www.xten.com>), as avaliações em termos de qualidade de voz quase se comparam ao nível de uma ligação tradicional e não perdem para a qualidade de uma comunicação por meio de aparelhos móveis.

Entre os testes realizados, a figura 5.1 mostra a avaliação média obtida da comunicação dos softwares/hardwares apresentados estipulando-se um valor inicial de 5,0 pontos iniciais e decréscimo de 0,1 ponto para cada falha na chamada.

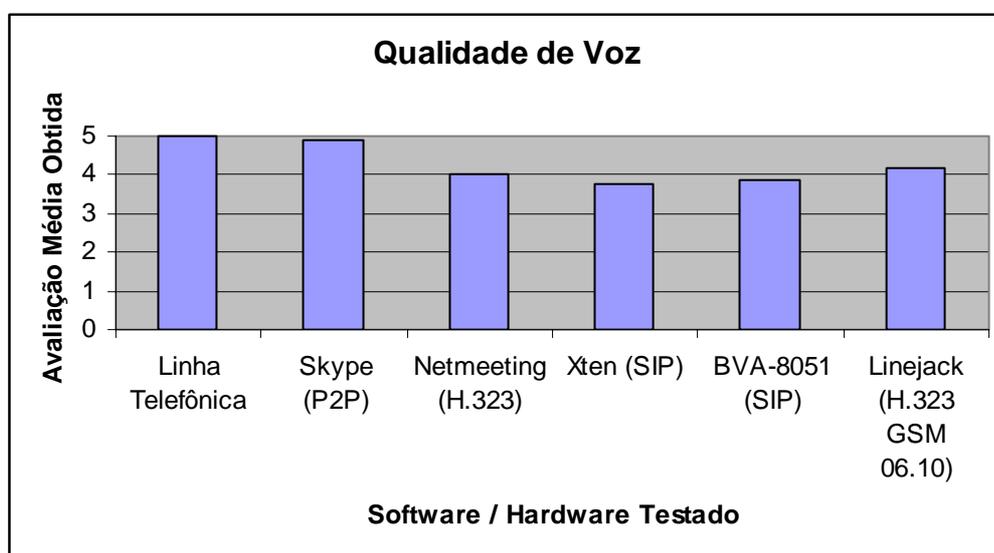


Figura 5.1 - Avaliação média de soluções VoIP realizada por 5 colaboradores

A Figura 5.2 apresenta a taxa média de transferência de dados obtida pelo software firewall ZoneAlarm, disponível no site www.zonelabs.com, em uma comunicação com duração de 5 minutos.

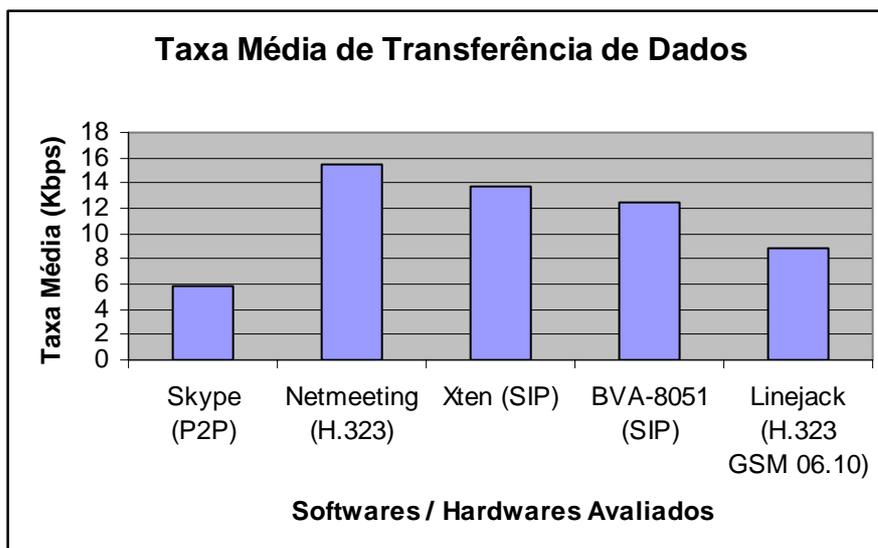


Figura 5.2 – Valor médio medido por software firewall

A seguir, a Figura 5.3 apresenta a avaliação média de parâmetros de rede presentes em cada software / hardware. O valor inicial foi de 5,0 pontos e descontado 0,5 ponto para cada item que não apresentou avaliação satisfatória, entre eles: Facilidade de uso, Escalabilidade, Suporte do fabricante, Design, Tamanho do arquivo (s) de instalação, Valor de compra / utilização e qualidade de voz.

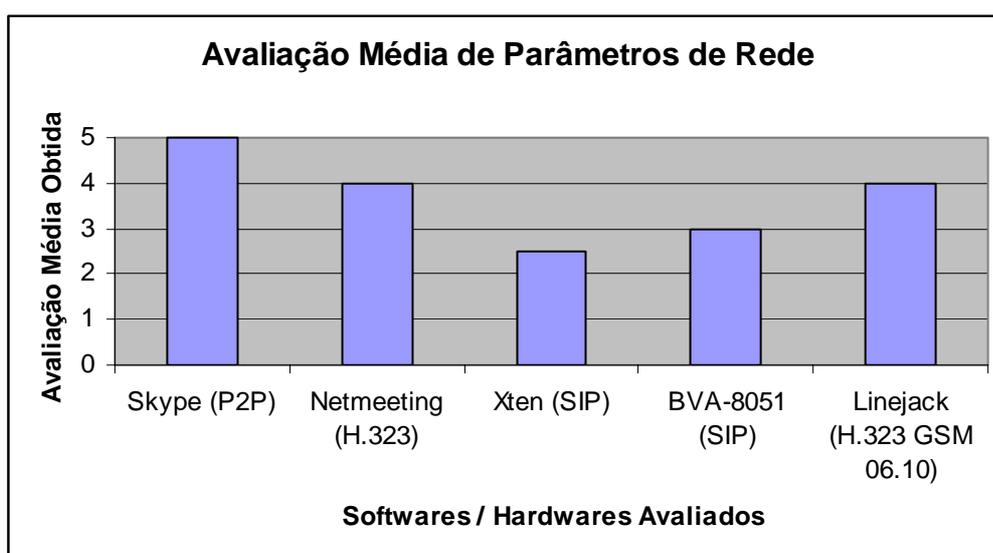


Figura 5.3 – Avaliação média no uso de soluções VoIP em termos de facilidade, escalabilidade, qualidade e suporte ao usuário.

5.2.2 Protocolos de rede para sistemas VoIP

De forma resumida, foi possível realizar um comparativo entre os protocolos disponíveis para utilização da VoIP. Entretanto, o mais importante é discernir entre a utilização de H.323 e SIP.

Podem-se aferir alguns aspectos decisivos que auxiliam a escolha entre um e outro. Embora ambos utilizem o RTP, já discutido no Capítulo 2, para troca de dados multimídia, em termos de complexidade, o protocolo H.323 requereu maior esforço computacional (aumentou a temperatura da CPU) e levou mais tempo para a instalação dos pacotes necessários.

O protocolo SIP permite uma utilização mais variada de codificadores de áudio e vídeo, bastando que este codec seja registrado com uma identificação do órgão competente (Informação não testada no projeto).

5.3 Desempenho

A utilização de um componente gerador de tráfego, como o IPFW do FreeBSD, permitiu a coleta de informações imprescindíveis na realização de um projeto de integração da rede de telefonia tradicional com a tecnologia VoIP. Isso devido ao fato de que dois fatores devem ser levados em consideração no desenvolvimento de um projeto desta categoria, que são: atraso ou delay e taxa de perda de dados.

A Figura 5.4 apresenta a avaliação média da Qualidade de Voz em uma comunicação com indução de atraso na entrega de pacotes. A avaliação foi obtida considerando nota máxima igual a 5,0 e descontando-se 0,1 para cada falha durante a chamada com duração de 2 minutos.

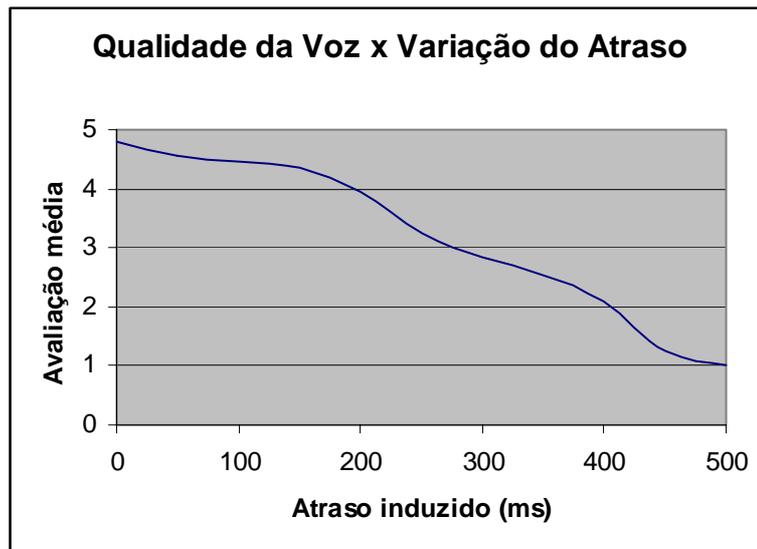


Figura 5.4 – Avaliação baseada na ocorrência de atraso durante a comunicação

A Figura 5.5 apresenta a avaliação média da Qualidade de Voz em uma comunicação com indução de perda de pacotes. A avaliação foi obtida considerando nota máxima igual a 5,0 e descontando-se 0,1 para cada falha durante a chamada com duração de 2 minutos.

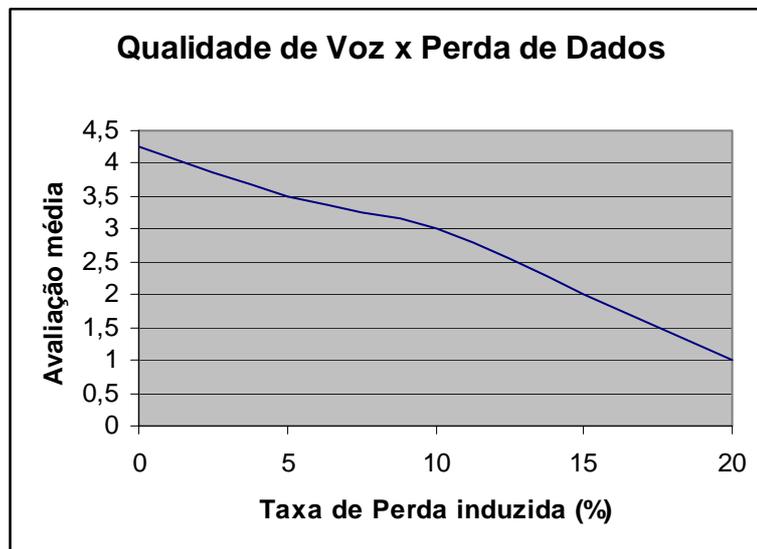


Figura 5.5 – Comparativo entre qualidade de fala e perda de dados ocasionado por software firewall e avaliado por 3 colaboradores.

5.4 Custos

Hoje em dia, as tarifas praticadas pelas operadoras de telefonia tradicional de longa distância são proibitivas. Conforme contabilização realizada no último mês apontada na Figura 5.6, pode-se concluir que a utilização de VoIP está fadada ao sucesso devido a redução significativa dos custos de comunicação. E, além disso, a possibilidade de aumento da comunicação entre a população separada por grandes distâncias pode alavancar o mundo comercial o que significaria um grande progresso para todas as pequenas e médias empresas.

Ainda o principal obstáculo à migração para a nova tecnologia é o desembolso de grandes valores em equipamentos que possam garantir a mesma disponibilidade e qualidade já existente na telefonia tradicional.

A Figura 5.6 apresenta o custo estimado para ligação telefônica de longa distância com duração de 1 hora e valor baseado no site de cada empresa no período 01/01/05 a 31/01/2005 e cálculos diversos de manutenção do protótipo.

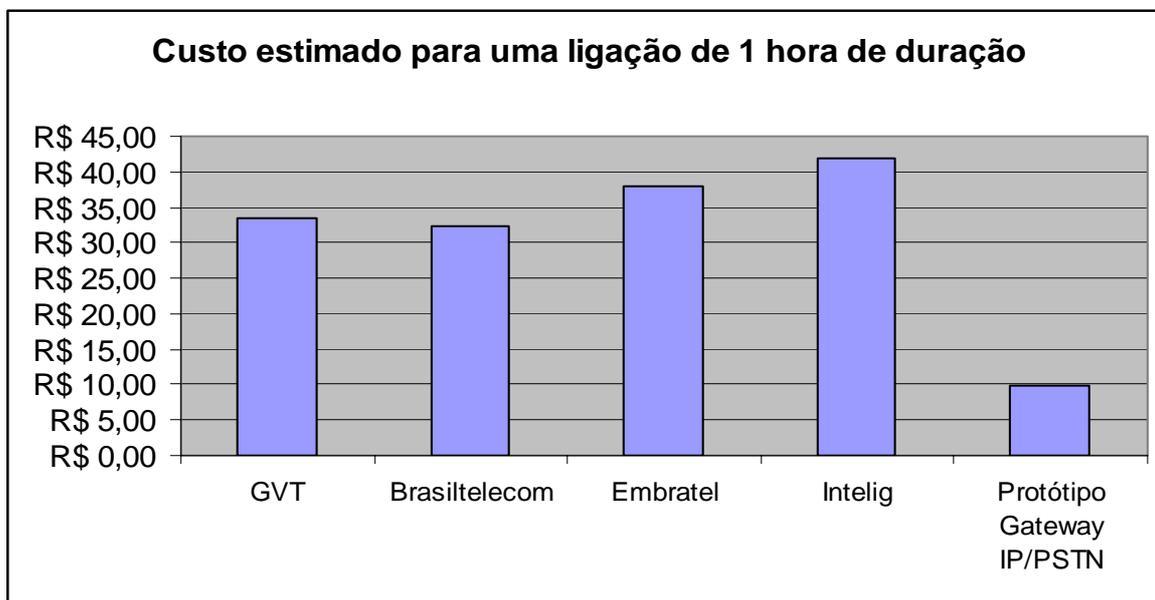


Figura 5.6 – Custo estimado para ligação telefônica de longa distância.

5.5 Observações Finais

O detalhamento do desempenho e qualidade de voz a partir da utilização de um servidor gerador de tráfego, realizado conforme o padrão ITU-T P.800, método baseado na utilização de Pontuação de Opinião Média (MOS), foi comparado com o modelo E, abordado no Capítulo 3, que consiste no estudo mais completo para avaliação da qualidade da fala em sistemas VoIP.

O Modelo E implementa um mecanismo baseado na soma de termos que representam distorções na qualidade da fala, tais como atrasos de transmissão, eco, distorções introduzidas pelos equipamentos utilizados, entre outros fatores. O resultado do modelo é o fator escalar R , mapeável para a escala de pontuação MOS.

Embora este modelo requer alguns valores que não foram fornecidos pelo fabricante Quicknet Technologies Inc, como relação sinal/ruído, sensibilidade e frequência de resposta, os resultados obtidos através de um simulador deste modelo usando valores padrões foram bem próximos da avaliação média dos que colaboraram para os resultados dos testes.

Capítulo 6: CONCLUSÕES

6.1 Considerações Finais

Diante do que foi pesquisado, pode-se aferir que a utilização da tecnologia VoIP tanto no mercado residencial como no mercado corporativo apresenta uma alta taxa de crescimento anual quando comparada ao ritmo da telefonia tradicional.

É uma verdadeira conquista poder desenvolver um projeto que reduza drasticamente os custos de migração de uma rede heterogênea de dados para uma rede que permita comunicação por voz sobre o protocolo IP. A grande vantagem na utilização de um PC como gateway entre a rede de circuitos comutados e a rede IP é a segurança, que pode ser vista como um aspecto essencial. Principalmente com a utilização de um sistema operacional livre, é possível implementar algumas técnicas de proteção a rede em si como, por exemplo, autenticação criptografada, firewall, VPN, antivírus, IDS interno e externo, entre outras. O uso de gateways de voz, ou seja, equipamentos capazes unicamente de interligar a rede de dados baseada no protocolo TCP/IP com a rede de telefonia tradicional, pode se tornar impeditivo tanto devido ao alto custo de aquisição como também pela necessidade de mão-de-obra especializada na manutenção do hardware.

Através do desenvolvimento prático do projeto, conclui-se que a relação custo /benefício na aquisição de hardwares para interligar ambas as redes de comunicação discutidas anteriormente não é favorável do ponto de vista econômico. Isso é provado pela qualidade de comunicação não se igualar a outras soluções do mercado, através de softwares IP. Outra desvantagem é a limitação no uso, que possibilita apenas a comunicação entre dois usuários por vez.

Entretanto, a tecnologia de Voz sobre IP está fadada ao sucesso, pois além da qualidade de voz já discutida, a redução de custos é um fator predominante no mundo corporativo atual. A tecnologia provê mais vantagens do que desvantagens, e a medida que o tempo passa, as desvantagens vão desaparecendo.

6.2 Trabalhos Futuros

Como proposta de trabalhos futuros, indico a criação de um adaptador SIP que possibilita a utilização de um aparelho comum de telefone nas ligações através da Internet. Esse aparelho nada mais é do que um hardware que além de transformar a banda larga em uma linha telefônica IP, armazena as configurações do usuário, o que elimina a necessidade de um IP válido na Internet. A criação de uma placa de codificação e decodificação de áudio com técnicas de supressão do silêncio tornaria a relação custo / benefício desta linha de desenvolvimento muito atraente para o mundo corporativo. Diante do que foi estudado, é possível concluir que o desenvolvimento de novas técnicas de comunicação baseadas em VoIP é de grande valia para o mundo corporativo tanto nacional como mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MOURA, Carlos; AMARO, Guilherme; LAVRADOR, Alcino. **SOLUÇÃO DE ALTA DISPONIBILIDADE PARA SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES BASEADOS EM REDE INTELIGENTE**. Lisboa, 2004. Disponível em: www.fccn.pt/crc1998/comfin38/comfin38.rtf
- LUSTOSA, Leandro C. G.; CARVALHO, Leandro S. G.; RODRIGUES, Paulo H. de A.; MOTA, Edjair de S. **Utilização do Modelo E para Avaliação da qualidade da fala em sistemas de comunicação baseados em Voz sobre IP**. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: www.voip.nce.ufrj.br/courses/graduacao/lc10/SBRC-2004-Modelo-E.pdf
- AVAYA. **AVAYA IP Voice Quality Network Requirements**. Colorado, 2002. Disponível em: www.awaya.com
- ARORA, Rakesh. **Voice Over IP: Protocols and Standards**. 2000. Disponível em: www.cse.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/voip_protocols
- PEIXOTO, Rodney de Castro. **Voz sobre IP: Regulação a caminho – Parte I**. 2004. Correia da Silva e Mendonça do Amaral Advogados. Disponível em: www.csalaw.com.br/midia/midia_14.pdf
- PEIXOTO, Rodney de Castro. **Voz sobre IP: Regulação a caminho – Parte II**. 2004. Correia da Silva e Mendonça do Amaral Advogados. Disponível em: <http://www.modulo.com.br/mailcontroller/gerente?Comando=ProcessarClicks&Link=297906&Usuario=39009>
- SILVA, Adailton J. S.. **Qualidade de Serviço em VoIP – Parte I**. 2000. Disponível em: www.rnp.br/newsgen/0005/gos_voip1.html
- QUEIROZ, Daniel Cruz de. **Voz sobre IP em Redes Corporativas**. Fortaleza, UNIFOR, 2002. Monografia (Grau de Bacharel em Informática). Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade de Fortaleza, 2002. Disponível em: [http://www.icmc.usp.br/~daniel/Voz%20sobre%20IP%20em%20Redes%20Corporativas%20\(Daniel%20Cruz%20de%20Queiroz\).pdf](http://www.icmc.usp.br/~daniel/Voz%20sobre%20IP%20em%20Redes%20Corporativas%20(Daniel%20Cruz%20de%20Queiroz).pdf)
- Cisco Systems. **Redação Virtual**. 2004. Disponível em: www.cisco.com/br/redacao
- Alcatel **Alcatel Em Síntese**. 2004. Disponível em: www.alcatel.com

- 3COM. **Press Releases**. 2004. Disponível em: <http://lat.3com.com/br/news/>
- XAVIER, Sidney. **Voz sobre IP na PBH**. Belo Horizonte, PUC-MG, 2000. Monografia (Pós Graduação em Informática Pública). PRODABEL, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2000. Disponível em: <http://www.pbh.gov.br/informatica/programaformacao/especializacao/sidney.pdf>
- SOUSA, José Márcio de. **Protótipo de um Sistema VoIP (Voz sobre IP)**. Blumenau, 2001. Trabalho de Conclusão de Curso de Ciência da Computação. Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, 2001.
- RODRIGUES, Paulo Henrique de Aguiar. **Apostila de VoIP Avançado**. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: www.voip.nce.ufrj.br
- FILHO, Gilberto Neves Sudré. **A convergência das redes**. Vitória, 2001. Uniter Tecnologia. Disponível em: <http://www.gilberto.sudre.com.br/port/ti/artigos/tecredes/artigo01.html>
- ALVES, Carlos Vinícius Rasch. **Open H.323 Comunicação de Voz sobre IP**.
- RICO, Luis Enrique Torreyes. **VoIP – Voz sobre IP**. Caracas, 1999. Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Administración Mención Informática. Disponível em: www.ilustrados.com/publicaciones/EpyVIEyIEudQZOfAVR.php
- COSTA, João Carlos Peixoto de Almeida da. **Implementação e Gerência de uma Arquitetura de Voz sobre IP**. Rio de Janeiro, 2003. Dissertação (Grau de Mestre em Ciências da Informática). Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: www.rnp.br/newsgen/0107/telefoniaip.shtml
- RODRIGUES, Paulo Henrique de Aguiar; COSTA, Peixoto de Almeida; MARCONDES, César Augusto C.; COSTA, João Carlos Peixoto de Almeida da; NAUMANN, Claudia Medronho. **Emulação de Circuitos E1 para a Interoperação de PBX em Redes ATM**. Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: www.voip.nce.ufrj.br/publication/2001/wrnp2/resumos/res_aplic_13.pdf
- RODRIGUES, Paulo Henrique de Aguiar; COSTA; MARCONDES, César Augusto C. **Serviço Robusto de Web-to-dial Baseado em SIP e Java**

- Applet.** Disponível em: www.voip.nce.ufrj.br/publication/2002/sbrc2002_webdial.pdf
- RODRIGUES, Paulo Henrique de Aguiar; **Telefonia sobre IP. IX Seminário de Capacitação Interna.** Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: www.rnp.br/arquivo/sci/2003/telefonia_ip.pdf
 - VeriSign. **Uma nova era nas telecomunicações. Serviços Inteligentes de Comunicação, Comércio e Conteúdo.** Disponível em: www.verisign.com.br/telecom/ccc.pdf
 - Cisco. **SIP: The Promise Becomes Reality. Introduction.** Disponível em: [www.sipcenter.com/sip.nsf/html/WEBB5YN5GE/\\$FILE/Cisco_sipbc_wp.pdf](http://www.sipcenter.com/sip.nsf/html/WEBB5YN5GE/$FILE/Cisco_sipbc_wp.pdf)
 - Cisco. **A definição do protocolo SIP.** Disponível em: www.tradesys.com.br/voip_sip.htm
 - FAGUNDES, Eduardo Mayer. **A convergência de dados e voz na próxima geração de redes.** 2004. Disponível em: www.efagundes.com/Artigos/A%20Convergencia%20de%20Dados%20e%20Voz%20na%20NGN.htm
 - AVAYA. **A Guide for Ensuring Service Quality in IP Voice Networks.** 2002. Disponível em: <http://whitepapers.silicon.com/0,39024759,60054613p-39000369q,00.htm>
 - AVAYA. **Defining the space: VoIP, IP Telephony and Convergence.** 2003. Disponível em: <http://whitepapers.zdnet.co.uk/0,39025945,60053783p,00.htm>
 - POLAND, K. L.. **T1 – Basic Transmission Theory.** 2004. Disponível em: http://www2.uic.edu/stud_orgs/prof/pesc/part_2_rev_F.pdf
 - CROCA, Joaquim; DOMINGOS, Luis; SILVA, Alberto Rodrigues da. **Tecnologia de Agentes na Convergência das Telecomunicações com a Computação.** 2004. Disponível em: <http://berlin.inesc.pt/alb/static/papers/2001/revista-oe-agentes-telecomunicacoes.pdf>

Anexo A – Estrutura do Protocolo RTP

→ Estrutura do cabeçalho do RTP

De acordo com a figura a seguir podem-se identificar os seguintes campos:
[COSTA, 2003]

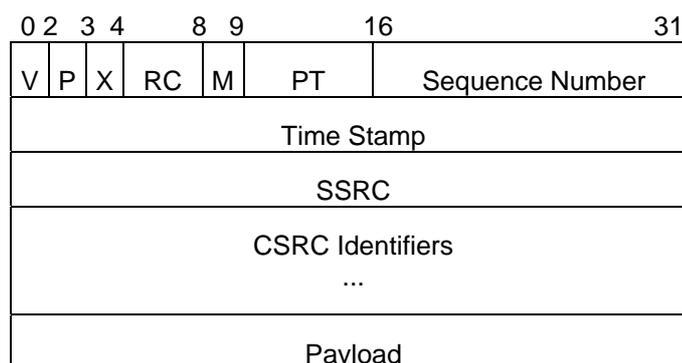


Figura A.1 – Cabeçalho do RTP [COSTA, 2003]

- Version (V) – Versão do protocolo RTP (contém 2 “bits”)
- Padding (P) – Mostra se há octetos no fim do pacote que não corresponde aos dados essenciais a alguns algoritmos de encriptação que necessitam de blocos de tamanho constante (contém 1 bit)
- Extension (X) – Mostra a existência de campos extras (contém 1 bit)
- CSRC Count (CC) – Mostra o números de identificadores CSRC que seguem o cabeçalho fixo (contém 4 bits)
- Marker (M) – Necessário quando o pacote contém algum bit do frame anterior (contém 1 bit)
- Payload (PT) – Mostra qual o tipo de dado que faz parte do pacote (contém 7 bits)
- Sequence Number – Utilizado na detecção de perda de pacotes e ordenação dos pacotes na chegada a seu destino (contém 16 bits)
- Time Stamp – Indica o momento em que foi criado o primeiro octeto do pacote; é importante na sincronização e cálculo do atraso pelo cliente (contém 32 bits)

- Sincronization Source (SSCR) – Indica a fonte que está gerando os dados (contém 32 bits)
- Contribution Source (CSRC) – lista os identificadores de fonte de dados que contribuem para a sessão; utilizado em conjunto com o mixer (contém de 0 a 15x32 bits)

Anexo B – Estrutura do Protocolo RTCP

→ Estrutura do cabeçalho RTCP

O protocolo RTCP possui dois tipos de relatórios que são Sender Type (originados a partir daquele participante que gera os pacotes RTP) e Receiver Type (originados por membros passivos da sessão). É interessante frisar que os dois são semelhantes, mas o segundo tipo não contém os campos NTP, RTP Timestamp, Packet Count e Octet Count. [COSTA, 2003]

A estrutura de um pacote RTCP Sender Type é a mostrada na figura a seguir: [COSTA, 2003]

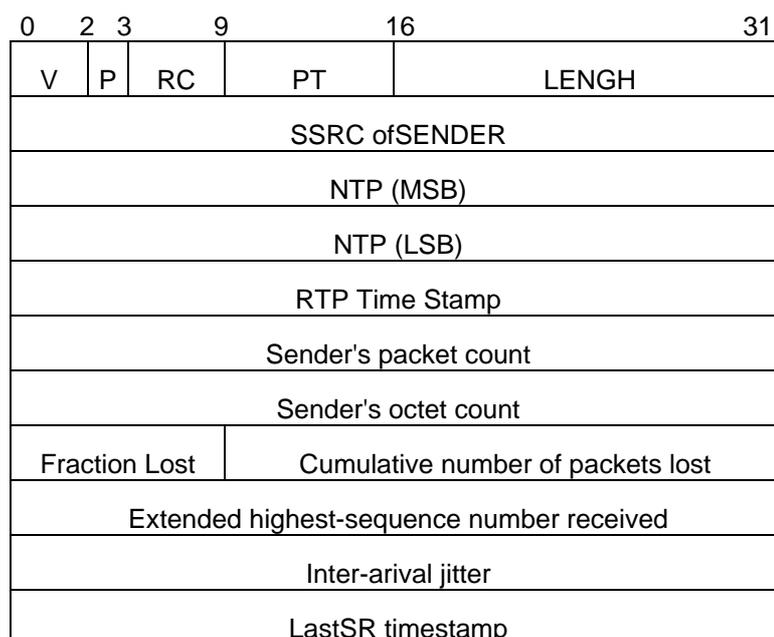


Figura B.1 – Cabeçalho do RTCP [COSTA, 2003]

Alguns campos são idênticos ao do RTP, como Version, Padding, SSRC e RTP Timestamp. Os outros são explicados a seguir: [COSTA, 2003]

- Reception Report Count (RC) – mostra o número de blocos de relatórios (contém 5 bits)

- Packet Type (PT) – mostra o tipo de pacote a ser enviado, Sender ou Receiver (contém 8 bits)
- Length – indica o tamanho do pacote (contém 16 bits)
- NTP Timestamp – mostra o momento (instante) em que o pacote foi transmitido (contém 64 bits)
- Sender's packet count – indica o nº de pacotes enviados (contém 32 bits)
- Sender's octect count – indica o nº de bytes enviados (contém 32 bits)
- Fraction Lost – porção de pacotes RTP perdidos desde o último relatório (contém 8 bits)
- Cumulative number of packet lost – indica o nº de pacotes enviados durante a sessão (contém 24 bits)
- Extended highest sequence number received – mostra o nº de sequência do último pacote recebido e o nº de ciclos sofridos por este número (contém 32 bits)
- Inter-arrival Jitter – calcula o valor médio do Jitter (contém 32 bits)
- Last SR Timestamp – timestamp do último relatório recebido

Conforme mostra a figura abaixo, os campos do RTCP Receiver Type. Os campos seguem a linha do Sender Type. [COSTA, 2003]

0	2	3	9	16	31
V	P	RC	PT	LENGH	
SSRC ofSENDER					
Fraction Lost			Cumulative number of packets lost		
Extended highest-sequence number received					
Inter-arival jitter					
LastSR timestamp					

Figura B.2 – Campos do RTCP Receiver Type [COSTA, 2003]

Anexo C – Detalhamento do Protocolo H.323

COMPONENTES DO H.323

As comunicações suportadas operam em qualquer tipo de rede, sendo esta LAN, MAN ou WAN. O projeto de utilização do protocolo H.323 visa o suporte a redes TCP/IP, como Internet, ATM, Token Ring e outras. E, hoje em dia, ele está voltado para a utilização de Comunicação Wireless.

Em cada sistema operacional existem diversos protocolos da série H já implementados, onde cada um define uma série de itens para resolver funções específicas na comunicação, por exemplo, sinalização, codificação de áudio, de vídeo etc. Este protocolo também estabelece padrões para compressão e decompressão de dados, concretizando a vontade de uma área em comum de apoio a diversos fabricantes. [ARORA, 2000]

Terminais H.323

O terminal H.323 equivale a uma espécie de aparelho telefônico agregado de várias funcionalidades, que contém obrigatoriamente recursos para a transmissão de voz, e, opcionalmente, pode prover comunicação de vídeo e transporte de dados.

Eles são configurados através de interface de rede e necessitam implementar o protocolo H.225, que define um conjunto de mensagens para a sinalização de chamadas (Q.931) e para a comunicação com o gatekeeper (RAS). Essa sinalização é necessária para o estabelecimento, finalização e controle de chamadas. Além disso, existe o protocolo H.245 que é utilizado na sinalização dos canais de mídia, onde são negociadas as capacidades suportadas pelos dois dispositivos H.323 e iniciado por canais lógicos onde serão transmitidos os fluxos de mídia.

Ele deve oferecer suporte aos protocolos RTP e RTCP, que são usados na transmissão da mídia e no monitoramento da qualidade da chamada, respectivamente. Dependendo da negociação na sinalização, os fluxos RTP podem ser unidirecionais ou bidirecionais, considerando que sempre existirão dois canais de mídia. Em cada sentido existe uma conexão RTCP associada, por meio da qual o receptor do fluxo de mídia aponta informações associadas a qualidade de serviço do

fluxo RTP retornado. Conseqüentemente, é possível analisar a perda de pacotes, o atraso e o jitter associado a cada fluxo. [ARORA, 2000]

Gateway

O gateway é visto como mais um dispositivo H.323 que tem entre suas funções o provimento de interconexão entre redes que não usam o protocolo H.323, a tradução da sinalização utilizada para estabelecer e finalizar chamadas, conversão do formato da mídia entre ambas as redes etc.

Nas redes VoIP, eles são configurados de modo a estabelecer comunicação entre centrais telefônicas (PBX) e comutadores de telefonia. Vários são os tipos de conexão explorados a partir deste dispositivo, entre eles, a comunicação entre a rede telefônica convencional e terminais H.323 na rede VoIP, a comunicação entre ramais de diferentes centrais através da rede VoIP etc. [ARORA, 2000]

Gatekeeper

Este é o principal dispositivo na arquitetura H.323, pois além de prover serviços de controle de chamadas para os terminais H.323, ele é responsável pela tradução de endereços, controle da largura de banda, gerência de zona e controle da admissão.

Resumindo, qualquer chamada entre terminais e gateway deve ser antes autorizado pelo gatekeeper. Antes da realização da chamada, o dispositivo H.323 utiliza o protocolo RAS para requerer autorização ao gatekeeper para realizar a chamada, através das mensagens ARQ (Admission Request), ACF (Admission Confirm) e ARJ (Admission Reject).

A comunicação entre os dispositivos H.323 é realizada através do endereço de rede e do identificador TSAP (Transport Service Access Point), que é visto como uma porta TCP ou UDP. A partir da tradução deste endereço ou apelido, quando for o caso, é iniciada a sinalização H.225 que serve para estabelecer a chamada. Assim, os gateways registram no gatekeeper informações sobre os dispositivos aos quais estão conectados que servirão de base para o roteamento de pacotes cujos destinos são esses dispositivos, por exemplo, prefixos dos PBXs.

O gatekeeper deve estar pronto para controlar a largura de banda destinada a uma chamada, pois havendo mudança do Codec a ser utilizado, poderá ser necessária uma alteração da quantidade de recursos para o fluxo daquela mídia. Entretanto, o pedido de alteração deve ser encaminhado ao gatekeeper através do protocolo RAS, que poderá ser aceito ou não. As mensagens utilizadas neste caso são BRQ (Bandwidth Request), BCF (Bandwidth Confirm) e BRJ (Bandwidth Reject).

Além disso, o gatekeeper pode disponibilizar uma lista das chamadas ativas, equipamentos ocupados a fim de permitir um melhor gerenciamento da largura de banda disponível. Assim, será possível manter qualidade de serviço uma vez que com o gerenciamento da largura de banda, é possível rejeitar uma chamada que poderia sacrificar o recurso de outra já ativa.

Quando a sinalização de chamadas (H.225), o controle de canais associados a mídia (H.245) e os próprios canais de mídia (RTP/RTCP) são estabelecidos diretamente entre origem e destino, devidamente autorizados pelo gatekeeper, dá-se o nome de Direct Call Signaling. Ou, de outro modo, o gatekeeper pode intermediar a sinalização entre os dispositivos envolvidos, chamando tal modo de Gatekeeper Routed Call Signaling. Neste último, a sinalização H.225 é estabelecida entre a origem e o gatekeeper, que repassa ao destino ou a outro gatekeeper, quando for o caso.

O gatekeeper pode ser utilizado para solucionar o problema de grandes empresas em que a política de segurança determina que as máquinas não são alcançáveis a partir da Internet. Assim, pode-se configurar o firewall para permitir o tráfego associado à mídia, das máquinas internas somente através do gatekeeper e deste para qualquer máquina na Internet.

Quando o destino da chamada for em outra zona, o gatekeeper que a administra deve ser localizado para que seja realizado aquele processo já discutido da obtenção de informações a cerca deste dispositivo. Dois métodos são possíveis para alcançar tal objetivo: o uso de DNS para a resolução de apelidos H.323 ID e o uso de mensagens RAS para endereços E.164 (LRQ- Location Request). [ARORA, 2000]

Multipoint Control Unit (MCU)

O Multipoint Control Unit (MCU) provê o suporte a conferências entre 3 (três) ou mais terminais e gateways H.323. Ele consiste em Multipoint Controller (MC) e, opcionalmente, um, ou mais, Multipoint Processor (MP). O Multipoint Controller manipula a negociação H.245 com todos os dispositivos que participam da conferência, mas não realiza a multiplexização de áudio, dados e vídeo; apenas identifica a capacidade de cada componente e determina o modo de comunicação a ser adotado. Este protocolo também verifica se os dispositivos envolvidos suportam multicast, visto que cada conferência é associada a somente um Multipoint Controller, em que estabelecida uma sessão bidirecional.

O Multipoint Processor é responsável pela conversão da mídia em diferentes formatos e por combinar o áudio proveniente de várias fontes, transmitindo o fluxo combinado.

As conferências podem ser classificadas centralizadas ou descentralizadas. No primeiro caso, os fluxos de mídia são transmitidos para o Multipoint Controller Unit, podendo utilizar tanto o endereçamento unicast como multicast, e, até mesmo, ambos. A segunda opção depende do suporte à transmissão multicast nos dispositivos envolvidos. [ARORA, 2000]

Controle e Sinalização no H.323

O H.323 provê três protocolos de controle, que são o H.225.0/Q.931 Call Signaling, H.225.0 RAS e H.245 Media Control. H.225/Q.931 é usado em conjunto com o H.323 e provê sinalização para controle da ligação. Para o estabelecimento de uma ligação da origem até o destino, o canal H.225 RAS (Registration, Admission and Signaling) é utilizado. Depois que a ligação é estabelecida, o H.245 é usado para negociar as MEDIA STREAMS. [ARORA, 2000]

Anexo D - Detalhamento do Protocolo SIP

Componente do protocolo SIP

User Agents

Este consiste em um sistema final agindo por trás de um usuário. Ele é dividido em duas partes: um cliente e um servidor. A parte cliente é chamada de User Agent Client (UAC), enquanto a outra é chamada de User Agent Server (UAS). A primeira é utilizada na inicialização de um pedido SIP, e a segunda, na recepção dos pedidos e processamento das respostas.

Servidores de rede

Existem três tipos de servidores em uma rede. Um servidor de registro (autenticação) que recebe atualizações a respeito da localização dos usuários. Um servidor proxy que atua no recebimento e encaminhamento dos pedidos até o próximo servidor, que tem mais informações a respeito da localização do usuário destino. Um servidor de redirecionamento que recebe o pedido determina o servidor mais próximo e informa o endereço deste servidor ao usuário ao invés de redirecionar o pedido. [ARORA, 2000]

Mensagens do SIP

O SIP define uma variedade de mensagens. Essas mensagens são usadas para a comunicação entre um cliente e um servidor SIP. Estas mensagens são:

- INVITE: para convidar um usuário para a ligação
- BYE: para encerrar a conexão entre dois pontos finais
- ACK: para troca confiável de mensagens-convites
- OPTIONS: para descobrir informações a respeito das capacidades (recursos) de uma ligação

- REGISTER: retorna informações a cerca da localização de um usuário para o servidor de registro (autenticação) SIP
- CANCEL: para encerrar a procura por um usuário

Amostragem da operação do SIP

Aqui será descrito um exemplo básico da operação SIP na qual um cliente está convidando um participante para uma ligação:

- O cliente SIP cria a mensagem INVITE for usuário@domínio, que é normalmente enviada para um servidor Proxy. Este servidor Proxy tenta obter o endereço IP de um servidor SIP que processe pedidos para o domínio requisitado.
- O servidor Proxy consulta um servidor de Localização para determinar o servidor mais próximo que atenda a essa solicitação.
- O servidor de Localização não é um servidor SIP, mas armazena informações sobre os servidores próximos para usuários diferentes.
- Determinado o endereço IP do servidor mais próximo, o servidor Proxy redireciona o convite (INVITE) para aquele. Assim que o User Agent Server (UAS) é alcançado, ele envia uma resposta de volta para o servidor Proxy.
- Então, o servidor Proxy envia uma resposta para o cliente. O cliente confirma a recepção desta resposta enviando uma mensagem ACK. [ARORA, 2000]

Anexo E – Principais empresas relacionadas com a tecnologia VoIP

3com

A 3com, empresa de sucesso mundial, vem explorando a tecnologia de comunicação via IP sobre o protocolo SIP, já abordado neste documento. As aplicações que estão sendo desenvolvidas por esta empresa têm por objetivo compartilhar informações comuns dos usuários como, por exemplo, status de “online/offline”, autenticação segura e preferências de usuários, ou seja, prover capacidade de compatibilidade entre mais de um sistema operacional (Windows, Linux e Macintosh) para facilitar a comunicação em redes heterogêneas.

Utilizando o protocolo SIP e a arquitetura de roteamento exclusiva, a 3com pretende aumentar a produtividade do usuário, reduzir custos e estreitar o relacionamento entre empresa/cliente com a proposta de criação de novos postos de trabalho a custo relativamente pequeno.

Estão inclusos neste pacote de aplicações as seguintes ferramentas:

- 3Com NBX# V3000 IP Telephony System – é uma plataforma nova totalmente integrada desenvolvida para pequenas empresas que tem entre 2 e 40 usuários;
- 3Com NBX SuperStack 3 IP Telephony System – atende a empresas com menos de 400 usuários;
- 3Com NBX 100 IP Telephony System – atende a empresas com menos de 200 funcionários;
- 3Com VCX 5.0 IP Telephony System – baseado no protocolo SIP e na plataforma de servidores Linux que tem mais de 10 sites e 400 empregados;
- 3Com IP Messaging module – que provê uma séria de funcionalidades para comunicação via mensagens;
- 3Com IP Conferencing Module – provê requisitos para conferência de áudio, dados e vídeo e serviços de gerenciamento de presença;
- 3Com IP Contact Center – centrais avançadas de contatos via IP;
- 3Com Convergence Center – software cliente para usuários Linux, Macintosh e Windows.

Resumidamente, a 3Com é um dos maiores distribuidores de tecnologias para a convergência de dados e voz desde sua criação a 7 anos com o advento do primeiro hardware de integração entre PBX e IP, chamado NBX system. A empresa desenvolveu uma arquitetura de softswitch para AT&T e praticamente deu início a este mercado em 1999. Ela também introduziu, em 2003, o VCX IP Telephony que é um módulo para empresas de grande porte. [3COM PRESS RELEASES, 2004]

Alcatel

A multinacional Alcatel apresenta os melhores números da atualidade. Ela é considerada a nº 1 no mundo em sistemas corporativos de comunicação por IP. Em 2003, ela alcançou um total de 3,6 bilhões de Euros em vendas de soluções para comunicações privadas (termo que designa o sistema de comunicação via IP).

As soluções de telefonia IP da Alcatel são baseadas nos servidores de comunicação OmniPCX Enterprise e OmniPCX Office, que são considerados os sistemas mais avançados em termos de comunicação de voz via IP. Baseados em uma arquitetura Unix cliente/servidor, eles provêem escalabilidade de 50 a 50.000 usuários, inovação em termos de estabilidade em prover 99,999% de funcionamento da comunicação em si, qualidade de serviço integrada e um excelente gerenciamento da rede.

As soluções da Alcatel permitem que empresas de qualquer tamanho evoluam e mudem seus sistemas, adaptando-se à nova realidade e às necessidades futuras. Baseada em padrões abertos, as soluções de telefonia podem economizar muito dinheiro e reduzir os riscos dos investimentos, ao mesmo tempo de atualizar a infra-estrutura para o futuro das telecomunicações.

Segundo a visão da Alcatel, os clientes ainda não têm interesse em uma mudança brusca da telefonia convencional para a telefonia IP. Assim, o objetivo é desenvolver sistema que integrem as duas plataformas e possibilitem cada vez mais a disponibilidade de novos serviços na nova plataforma para a futura migração total. [GARTNER; ALCATEL PRESS RELEASE, 2004]

Cisco

Este ano a multinacional Cisco Systems comemora 20 anos de operação mundial e celebra 5 anos atuando no mercado de Voz sobre IP. Em 1999, ela anunciou os telefones IPs modelos 7900 e AVVID (este último permite transmissão de vídeo, voz e dados integrados). Desde esta data, a telefonia sobre IP vêm crescendo surpreendentemente e já se transformou em uma indústria que movimenta dois bilhões de dólares em todo o mundo. Atualmente, esta empresa possui cerca de 4 milhões de telefones desta natureza vendidos em todo o mundo, embora na América Latina este número é bem menor.

Entre seus principais clientes, podemos citar o Bank of América, uma das maiores instituições financeiras do mundo, que iniciou a instalação de 180 mil telefones IP em mais de 5800 escritórios espalhados pelo mundo. Este banco trocará 362 equipamentos de PBX por um único sistema convergente da Cisco. Este novo sistema permitirá:

- Unificar mais de 100 mil correios de voz de funcionários na plataforma de mensagens de voz Cisco Unity;
- Acesso integrado a dados, como aplicações de negócios empresariais;
- Aplicações XML específicas para os departamentos do banco e linhas de negócio;
- Mobilidade do funcionário, por meio de mais funcionalidades no telefone e o melhor acesso às ferramentas de comunicação.

Outra empresa que também acaba de contratar os serviços de telefonia IP da Cisco é a Pfizer, que é uma empresa norte-americana que pesquisa, desenvolve, produz e comercializa produtos nas áreas de saúde animal, higiene e consumo. Com a implementação da plataforma IP, a empresa possuirá novas funcionalidades para a comunicação de voz, reduzindo os trabalhos de reconfiguração e manutenção de rede, além de ter uma ferramenta totalmente integrada com outros aplicativos.

O primeiro passo para a construção da Rede IP foi a instalação do Cisco Call Manager. Com esta solução, foi possível processar todas as chamadas telefônicas e

implementar o roteamento automático de chamadas. [REDAÇÃO VIRTUAL CISCO SYSTEMS, 2004]

A plataforma de Telefonia IP Cisco é composta por:

- Terminais telefônicos – telefones que se integram com a rede de comunicação por meio de uma conexão ethernet. Diferentemente da telefonia convencional, as movimentações de aparelhos, ampliação da rede e reconfigurações são realizadas instantaneamente e sem custo. A linha de telefones Cisco vai de adaptadores para telefones analógicos convencionais (ATA 186) até modelos com telas de cristal líquido colorido de alta definição;
- Agente de processamento de chamadas telefônicas – no centro do sistema de Telefonia IP Cisco está o Call Manager, agente que processa todas as chamadas telefônicas e distribui as funcionalidades da rede de telefonia IP. Ele possibilita criar uma estrutura de atendimento centralizada. Por ser baseado em IP, o sistema possibilita que o atendimento seja descentralizado. Com isso, as barreiras físicas do Contact Center são rompidas, direcionando as chamadas para o atendente que efetivamente conheça as necessidades do cliente, independente da sua localização física.
- Gateways de voz – responsável por interconectar a telefonia IP com a rede pública de telefonia, os gateways completam a linha de interfaces analógicas e digitais. Estes dispositivos permitem que as ligações telefônicas entrem e saiam da corporação e ainda que o sistema de telefonia IP se integre com PABXs convencionais e correio de voz, fornecendo total flexibilidade e liberdade para migração das plataformas antigas para a telefonia IP.

Motorola

A Motorola é uma empresa global, líder em comunicação wireless, soluções de comunicação para automóveis e sistemas de banda larga. Em 2003, suas vendas mundiais foram de 27,1 bilhões de dólares. Este ano ela divulgou o seu sistema Canopy Wireless BroadBand Platform, que é uma solução de banda larga sem fio que oferece acesso rápido a Internet e aplicações de controle e monitoramento da rede. Este sistema permite a implementação de uma estrutura que integra o PABX

com a rede de dados, que levou a inclusão do serviço de VoIP. Este sistema está sendo visado por prefeituras e outras entidades governamentais pois permite a elaboração de projetos de inclusão digital (serviço público gratuito para o cidadão e acesso a Internet por meio de banda larga), TV Municipal (serviço de noticiário distribuído pela Internet em áreas públicas) e telefonia IP com repartições públicas (rede interna da prefeitura pela telefonia com redes remotas).

A Charter Comunicações, uma das maiores empresas de comunicação de banda larga dos Estados Unidos, que fornece serviços de TV a cabo em uma plataforma avançada de programação de vídeo digital, selecionou a Motorola para implementar o principal componente de sua plataforma de serviços avançados baseados no protocolo IP, o roteador BSR 64000. Esta solução foi escolhida por possuir fortes características de redundância, capacidades avançadas de roteamento, alto desempenho, maior segurança, facilidade de migração e outros fatores.

Além disso, assinou um termo de cooperação com as rivais Siemens e Ericsson para desenvolver um padrão para a tecnologia de push-to-talk, que ao invés de utilizar ondas de rádio, utilizará a tecnologia voz sobre IP na transmissão das conversas. Esta tecnologia é de grande valia para as operadoras, pois o recurso incentivará os usuários a usar o celular para falar por mais tempo. [FOLHA, 2004]