



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

IMPLANTAÇÃO DE TELEFONIA VOIP NO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRJ

Isabel Pereira Sant'Anna

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Eletrônica e de Computação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Ricardo Rhomberg Martins

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2010

IMPLANTAÇÃO DE TELEFONIA VOIP NO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRJ

Isabel Pereira Sant'Anna

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE COMPUTAÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRÔNICO E DE COMPUTAÇÃO.

Examinador por:

Prof. Ricardo Rhomberg Martins, Ph. D.

Prof. Mauros Campello Queiroz, MSc

Eng. Celso Porch

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

FEVEREIRO de 2010

Sant'Anna, Isabel Pereira

Implantação de Telefonia VoIP no Centro de Tecnologia da UFRJ

/ Isabel Pereira Sant'Anna. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola

Politécnica, 2010.

XIII, 43 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Ricardo Rhomberg Martins e Celso Porch

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/

Curso de Engenharia Eletrônica e de Computação, 2010.

Referencias Bibliográficas: p. 42, 43.

1. Sistema Telefônico. 2. VoIP. 3. Protocolos. 4. QoS. 5.

Equipamentos. 6. Ligação entre Tecnologias.

I. Martins, Ricardo Rhomberg. II. Universidade

Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de

Engenharia Eletrônica e de Computação. III. Título.

DEDICATÓRIA

A meus amados pais, Pedro e Cenira, e a meus irmãos, Pedro Neto e Raquel. É na família que encontro e sempre encontrarei o mais puro e verdadeiro amor. Vocês são meu porto seguro.

AGRADECIMENTO

Agradeço a meus amigos engenheiros, em especial aos Albertos (Jorge e Wagner) que sempre estiveram à disposição para ajudar, passando um apoio essencial para a minha formação e também aos amigos Pedro, Rennan, Letícia, Amanda, Priscilla, Júlia, Ana Fernanda, Hugo, Alexandre e a todos que conviveram comigo na engenharia da UFRJ.

Tão importante quanto meus amigos engenheiros, estão as minhas amigas de todas as horas: Renata, Flavia e Raquel (amiga e irmã). Vocês são essenciais em minha vida e, foram importantes para que eu me formasse nesta faculdade tão importante. Agradeço também aos amigos Marcos, Iara, Raquel Jordão, Paula e Mirian.

Agradeço aos meus mestres, que com enorme competência e dedicação me apresentaram ao mundo da engenharia. Em especial, ao meu orientador, Ricardo Rhomberg que sempre esteve disponível para ajudar no que fosse necessário. Tão importante quanto meus mestres, agradeço ao Celso Porch meu supervisor na Ditel, que me ensinou muito do mercado de trabalho, aprendizados que aproveitarei durante toda minha vida e também. Tanto o Celso quanto os outros colegas da Ditel foram de extrema importância em minha formação, obrigada João, Vicente e cia. Agradeço também aos meus supervisores da Oi: Christiane, Porfírio e Mario. É muito bom ter profissionais competentíssimos como base e exemplo durante os últimos períodos da faculdade.

“Eterno é tudo aquilo que dura uma fração de segundo, mas com tamanha intensidade que se petrifica e nenhuma força jamais o resgata”, de Carlos Drummond de Andrade. Os momentos vividos na UFRJ serão para sempre eternos em minha lembrança, tanto pelos dias de estudo, quanto pela lembrança dos bons momentos com amigos engenheiros.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletrônico e de Computação.

IMPLANTAÇÃO DE TELEFONIA VOIP NO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRJ

Isabel Pereira Sant'Anna

Fevereiro/2010

Orientador: Ricardo Rhomberg Martins e Celso Porch.

Curso: Engenharia Eletrônica e de Computação

Este trabalho teve como principal objetivo propor uma solução de baixo custo para a expansão de ramais no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro através da implantação da Tecnologia VoIP. Para que tal tecnologia seja implantada, o projeto apresenta as características dos protocolos VoIP H.323 e SIP. Também foi realizada uma análise do QoS da rede e suas especificações. Para finalizar, são listados os equipamentos necessários explicado e como ocorre a conexão das redes operantes.

Palavras-Chave: VoIP, CT, UFRJ, QoS, H.323, SIP.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

DEPLOYMENT OF VOIP PHONES ON THE CENTER OF TECHNOLOGY OF
UFRJ

Isabel Pereira Sant'Anna

February/2010

Advisors: Prof. Ricardo Rhomberg Martins and Celso Porch.

Course: Electronic and Computer Engineering

This work had as main objective to propose a low-cost solution for expansion of extensions in the Technology Center, of the Federal University of Rio de Janeiro through the deployment of VoIP technology. For such technology is deployed, the project brings the characteristics of VoIP protocols H.323 and SIP. It also carried out an analysis of the QoS of the network and its specifications. Finally, it is listed the equipment needed and summarized how is the connection of networks operating.

Key-words: VoIP, CT, UFRJ, QoS, H.323, SIP.

Sumário

Capítulo 1	11
Introdução.....	11
Capítulo 2	14
O Sistema UFRJ e a Tecnologia VoIP	14
Capítulo 3	18
Os Protocolos VoIP	18
Capítulo 4	26
Qualidade de Serviço - QoS	26
Capítulo 5	34
O Projeto VoIP no Centro de Tecnologia.....	34
Capítulo 6	42
Conclusão	42
Bibliografia.....	43

Lista de Figuras

Figura 1 - Central NEC instalada no CT.....	15
Figura 2 - Diagrama do Sistema Telefonico da UFRJ.....	15
Figura 3 - Cenários do serviço VoIP	18
Figura 4 - Arquitetura dos Níveis do VoIP.....	19
Figura 5 - Pilha de protocolos H.323.....	21
Figura 6 - Encapsulação dos pacotes UDP.....	25
Figura 7 - Implementação básica de QoS.....	27
Figura 8 - Atraso na rede	30
Figura 9 - Efeito do jitter para as Aplicações	31
Figura 10 - Rede SS7 baseada em VoIP.....	39

Capítulo 1

Introdução

1.1 – Tema

O projeto tem como tema fornecer novos ramais telefônicos ao Centro de Tecnologia da UFRJ, utilizando a tecnologia “Voz sobre Protocolo de Internet” (VoIP), adequando o sistema atual a este novo parâmetro. Dimensionar, projetar a nova rede e especificar os equipamentos necessários ao seu funcionamento também são assuntos abordados.

1.2 – Delimitação

O objetivo do trabalho é fornecer novas linhas de ramais utilizando a tecnologia VoIP, uma solução de menor custo que a expansão baseada em linhas digitais e ramais DDR. O projeto será aplicado na unidade “CT” com o intuito de eliminar a demanda reprimida de pontos telefônicos. Para tal foi necessário mapear a demanda reprimida presente na unidade, quantificar e projetar toda a rede a ser implantada.

1.3 – Localização

A UFRJ foi a primeira universidade do Brasil a implantar sistema de ramais DDR (Discagem Direta a Ramais), utilizando troncos E1. Ao ser implantado o sistema de telefonia em 1999, a demanda dimensionada foi rapidamente esgotada e em pouco tempo o número de ramais disponíveis na Universidade já não era suficiente.

Expandir o número de ramais disponíveis, utilizando o sistema DDR, aumentando fisicamente o cabeamento existente, a capacidade das centrais e o número de troncos E1, entre outras soluções físicas, implica num alto custo.

O surgimento de novas tecnologias trouxe alternativas para o aumento da oferta de ramais, com menor custo, implantando um novo equipamento, que acoplado à central telefônica existente, permitirá a utilização da tecnologia “Voz sobre IP” (VoIP).

1.4 – Justificativa

Este projeto tem por objetivo o aumento da oferta de ramais telefônicos no Centro de Tecnologia – CT da UFRJ, eliminando a demanda reprimida existente e criando possibilidade de novas expansões futuras sem grandes investimentos.

O atendimento desta necessidade será feito implantando-se um novo equipamento, que acoplado à central telefônica existente, permitirá a utilização da tecnologia “Voz sobre IP” (VoIP).

A intenção é interligar esse equipamento aos TCB’s existentes através de fibras óticas e pela instalação de switches nos TCB’s, e com isso permitir a interligação das redes internas das Unidades.

O projeto preverá a adaptação do sistema existente, disponibilizando novos ramais, com baixo custo. Ele também poderá ser encarado como um piloto para uma solução para toda a Universidade.

1.5 – Objetivos

O objetivo geral do projeto é propor uma solução de baixo custo para a grande demanda por novos ramais na UFRJ, utilizando a tecnologia VoIP, incluindo o estudo da tecnologia, dos equipamentos necessários e o projeto da rede.

1.6 – Metodologia

Este projeto apresentará primeiramente o estudo do sistema existente no Centro de Tecnologia, detalhando a configuração da atual rede e os equipamentos existentes. Em um segundo momento, analisaremos as interações necessárias para conexão da tecnologia atual com a proposta neste Projeto. Elementos como QoS, Banda disponível,

velocidade de upload, TTL, latência, etc. não fazem parte de projetos de telefonia convencional, porém, para garantir o sucesso na implementação do VoIP é necessário que todos estes itens, e outros mais, sejam bem calculados e integrados.

Em seguida um estudo será realizado, para quantificar a necessidade de ramais na unidade do CT, e com isso, quantificar também os equipamentos necessários para implementação da nova rede.

A implantação do sistema não deve acontecer antes da apresentação do projeto devido a diversos fatores que dependem de fatores externos. O projeto não contempla a implantação e validação do sistema.

1.7 – Descrição

O Capítulo 2 traz uma visão geral do sistema telefônico existente na UFRJ, seguido de uma breve revisão bibliográfica a respeito da evolução da tecnologia VoIP.

No Capítulo 3 é introduzido um estudo da tecnologia VoIP, focado nos protocolos H.323 e SIP.

No Capítulo 4 é realizado um estudo do QoS com os parâmetros necessários para que uma ligação tenha qualidade.

No Capítulo 5 é apresentada a interligação do projeto com a rede existente e a listagem dos equipamentos necessários.

Por fim, o Capítulo 6 traz a conclusão, com a avaliação dos resultados e sugestões para expansões por toda a Universidade.

Capítulo 2

O Sistema UFRJ e a Tecnologia VoIP

2.1 – A Telefonia na UFRJ

Até meados de 1995, a Universidade Federal do Rio de Janeiro não possuía um sistema telefônico definido. A rede era composta por dezenas de mini-centrais espalhadas pelos campi. Estes sistemas não possuíam nenhuma ligação entre si, sendo necessário utilizar a operadora de telefonia para estabelecer uma ligação entre pontos da universidade.

Foi nesse quadro que um projeto foi estruturado. Em 1998, foi integrada a rede de telefonia digital da UFRJ, sendo nessa época a 1ª universidade a possuir um sistema integrado por rede de voz. Essa rede representou uma grande redução no custo de telefonia, uma vez que as ligações entre centrais podem ser feitas a quatro dígitos – DDR sem utilização da operadora de telefonia, realizando apenas as ligações entre os ramais por intermédio das centrais internas.

A rede é composta por 4 centrais mães interligadas por anel óptico e por outras 9 centrais secundárias, todas elas da empresa NEC, vencedora da licitação. A central é modular, e à medida que a demanda por ramais cresce, o sistema também pode crescer, instalando-se módulos adicionais à central existente. As suas placas de ramais comportam 16 números DDR cada.



Figura 1 - Central NEC instalada no CT

No total, a universidade possui 6300 ramais DDR, distribuídos conforme diagrama abaixo:

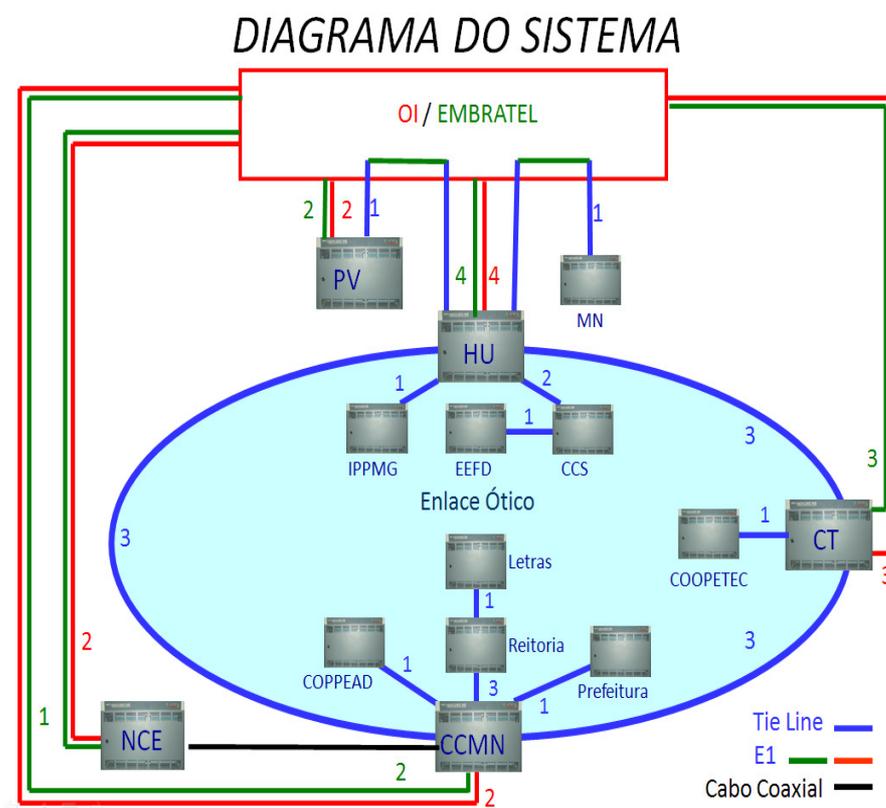


Figura 2 - Diagrama do Sistema Telefonico da UFRJ

O sistema possui ramais do tipo DDR – Discagem Direta a Ramais. Esse é outro ponto de vantagem da rede existente atualmente. Com a chamada direta, não há necessidade de transferência entre ligador e telefonista. A chamada é feita direto para o destino final, sem passar por nenhum tipo de operador da rede.

Com o sistema atual, a universidade, possui 3 prefixos que atendem as suas unidades: 2562, 2598 e 3873.

2.2 – A Tecnologia VoIP

Como a demanda por novos ramais aumenta a cada dia, optou-se pelo uso de VoIP, levando em consideração que há necessidade de uma rede estável para que o sistema funcione na transmissão de voz em tempo real e sem interrupções. A conectividade já existe onde houver uma rede ethernet, no caso da Universidade, sem custo de utilização. Essa opção, otimiza o custo das ligações e oferece novas facilidades e serviços, além de permitir a integração com as outras unidades via rede ethernet.

A implantação do sistema VoIP economizaria também em infra-estrutura, pois não implica na necessidade de ampliação dos DGs, redes de cabeamento, caixas e pontos de distribuição das unidades, pois o sistema de ethernet já é existente da Universidade.

Essa nova tecnologia pode ser destacada e apresentada como uma opção mais viável para a ampliação de ramais em uma rede existente, pois sua tecnologia teve avanços a passos largos. O primeiro software comercial de VoIP foi apresentado em 1995 por uma empresa chamada VocalTec. Três anos depois foram apresentados os primeiros sistemas que integravam softwares de voz sobre IP a aparelhos telefônicos comuns, iniciando a disseminação do VoIP nas empresas.

Nos primeiros estágios da implementação do VoIP muito se reclamava da qualidade da comunicação (muitos "picotes" e *delay* na conversação, desconexões e incompatibilidade). O primeiro avanço considerável se deu por volta de 1998 com o desenvolvimento de Gateways, quando foi permitida a conexão PC-para-telefone e mais tarde telefone-para-telefone. Algumas organizações começaram a prover aos seus consumidores ligações gratuitas. O grande divisor na história ocorreu quando fabricantes de hardware como Cisco e Nortel começaram a produzir equipamentos VoIP

capazes de fazer *switching* (chaveamento, direcionamento). Isso significa que funções antes tratadas pela CPU da máquina, como mudar um pacote de dados de voz para algo que possa ser lido pela rede de telefonia convencional (e vice-versa), passou a poder ser tratado por outro dispositivo. Assim, o sistema VoIP fica menos dependente da máquina do usuário. Uma vez que o hardware tornou-se mais acessível, as grandes empresas passaram a implementar VoIP em suas redes internas.

A crescente utilização da banda larga, principalmente entre usuários domésticos, é a maior responsável pelo aumento no consumo do VoIP. Mundialmente, o número de assinantes ultrapassou 100 milhões em fevereiro de 2005 e a penetração está crescendo rapidamente. O fator novidade, que ao longo do tempo faz com que algumas tecnologias caiam no esquecimento, nesse caso será mitigado em função da redução dos custos de adoção da tecnologia. Tanto a qualidade quanto a performance do serviço foram rapidamente aprimoradas, até um ponto em que ficou difícil distinguir entre o que é VoIP e o que é serviço tradicional de telefonia comutada.

Capítulo 3

Os Protocolos VoIP

3.1 – Uma breve descrição do VoIP.

O uso da tecnologia VoIP oferece uma série de cenários para os usuários do serviço, como pode ser visto na figura abaixo:

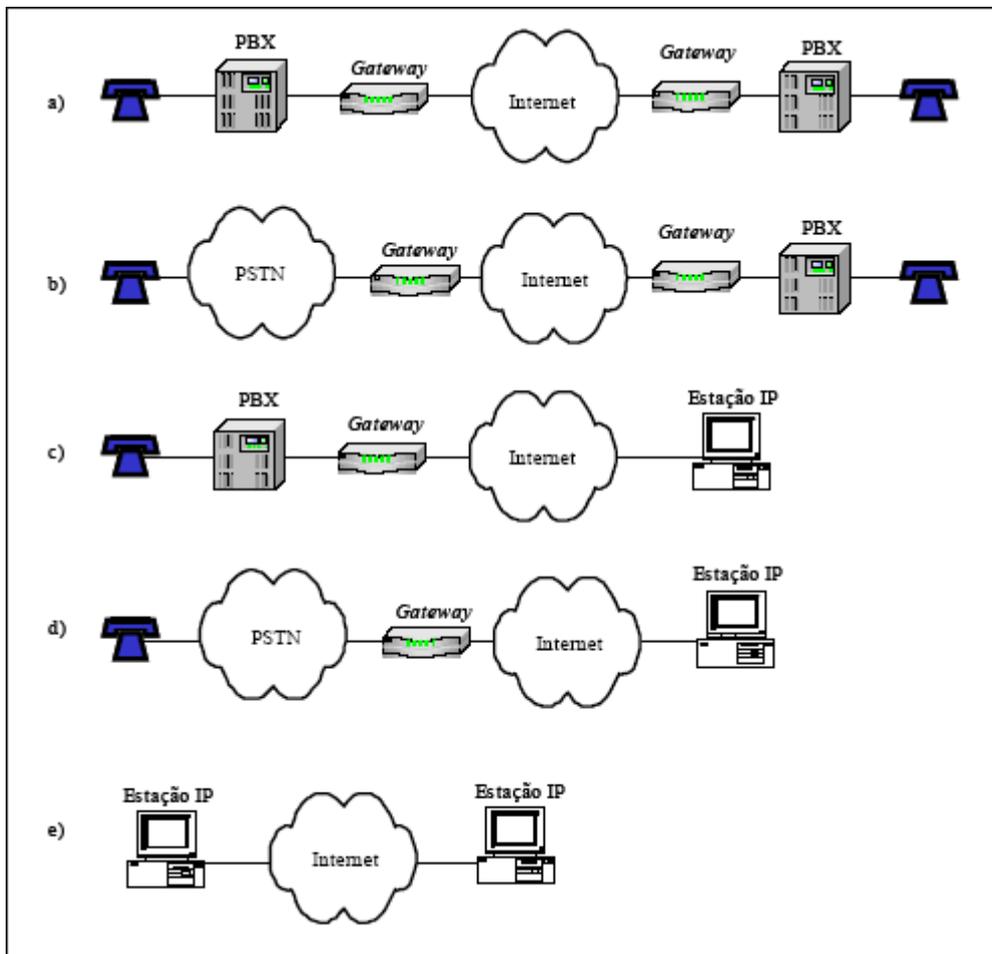


Figura 3 - Cenários do serviço VoIP (Fonte: QoS em Voz sobre IP [12])

VoIP é uma arquitetura em quatro níveis, definida por várias organizações em seus respectivos padrões, que identifica as interfaces que existem entre cada nível:

- Nível de Aspecto de Serviço – A responsabilidade desse nível envolve todos os aspectos do serviço VoIP, que inclui a segurança da cobrança e a codificação da fala em pacotes digitais.
- Nível de Sessão – Esse nível ajuda o VoIP a estabelecer uma chamada e realizar o registro quando o terminal é conectado à rede no início de uma ligação.
- Nível de Transporte – Responsável pela remessa de mensagens de ponta a ponta.
- Nível de Rede – Nível em que os serviços de roteamento são executados, por exemplo, a transferência do pacote IP.

A tecnologia VoIP utiliza o protocolo IP para a transmissão de dados através de pacotes em redes IP. Assim, o VoIP consegue alcançar redes Internet, Intranets e Lans. O sinal de voz (analógico) é digitalizado, sofre compressão e é transformado em pacotes IP que são transmitidos na Rede. Para que esse processo aconteça, são utilizados diversos padrões sendo os mais destacados o H.323 e o SIP (Session Initiation Protocol).

Aspectos do Serviço	CODEC	QoS	Cobrança	Numero e Endereço	IPTEL	PINT
Sessão	H.323					
Transporte	TCP	RTF			SIP	
		UDP				
Rede	IP					

Figura 4 - Arquitetura dos Níveis do VoIP

3.2 – Protocolo H.323

O protocolo H.323 é parte da família de recomendações do ITU-T (União Internacional de Telecomunicações – Setor de Padronização), pertencente à série H que trata dos "Sistemas Áudio-Visuais e Multimídia" criada em 1996. As recomendações H.323 têm como objetivo especificar um sistema de comunicações multimídia em redes baseadas em pacotes, porém não objetivam uma Qualidade de Serviço (QoS). Também estabelece padrões de codificação e decodificação no fluxo de dados áudio-visuais que se baseiam no padrão H.323.

Esse padrão usa conceitos de ambos os protocolos, tanto o tradicional PSTN quanto as normas relacionadas com a Internet. Tratando tanto de comutação de circuitos quanto de comutação de pacotes e padrões de protocolo, o H.323 é capaz de se integrar harmoniosamente com o PSTN, enquanto ao mesmo tempo envia comunicações multimídia sobre meios como a Internet. O Public Switched Telephone Network (PSTN) é a coleção de equipamentos que são responsáveis por prover o serviço de telefonia convencional das redes públicas

O H.323 é independente dos outros aspectos relacionados à rede. Assim, podem ser utilizados quaisquer tipos de rede (ethernet, fast ethernet) ou qualquer topologia (ponto a ponto ou redes interconectadas).

Apesar de especificar padrões de vídeo e dados em comunicações multimídia, apenas o suporte a áudio é obrigatório. Isso quer dizer que, quando utilizado, o Padrão H.323 cria pacotes envolvendo somente áudio (telefonia IP), áudio e vídeo (videoconferência), áudio e dados ou os três tipos de comunicações.

Os benefícios da adoção do padrão H.323 são:

- Independência da Rede – O protocolo H.323 permite a utilização de aplicações de áudio sem quaisquer mudanças na estrutura da rede. Assim, à medida que os limites de velocidade na Internet evoluem, os benefícios da utilização destas aplicações são imediatamente incorporados.
- Interoperabilidade de Equipamentos e Aplicações – Permite interoperabilidade entre os mais diversos fabricantes e as diversas aplicações.
- Independência de Plataforma – Não especifica o Sistema Operacional utilizado podendo abranger diversos segmentos como: videoconferência em PCs, Telefones IP, TV a Cabo entre outros.
- Representação Padronizada de Mídia – O protocolo H.323 estabelece codificações para compressão e descompressão dos sinais de áudio e vídeo normalmente executadas pelo sistema.

As desvantagens são: o Protocolo H.323 é complexo sendo de difícil configuração; utiliza representação binária para mensagens, tornando configurações mais difíceis. Possui centenas de elementos.

Os componentes especificados pelo padrão H.323 são destacados abaixo. É importante ressaltar que, em uma implementação prática do H.323, todos esses componentes podem coexistir em um mesmo equipamento.

- Terminais – Telefones IP ou uma aplicação rodando em um computador com recursos multimídia (um softphone, por exemplo).
- Gateways – É ao mesmo tempo um equipamento de mídia e de sinalização. Tem como função prover a comunicação entre terminais PSTN e outros padrões de protocolo. Para isso, um gateway provê uma série de funções, dentre as quais se destaca a conversão do formato de codificação de mídias e a tradução dos procedimentos de estabelecimento e encerramento de chamadas.
- MultiPoint Control Units (MCUs) – Controla a conferência entre diversos participantes. Manipula as negociações entre os terminais para determinar capacidades comuns de processamento de áudio e vídeo.
- Multipoint Processors (Mps) – Os Mps têm a capacidade pro mesclar, chavear e processar os bits de áudio, vídeos e/ou dados.
- Gatekeepers – Funcionam como ponto central dentro de uma zona (conjunto de terminais gateways e MCUs sendo gerenciado por um único gatekeeper). É o controlador de chamadas e, também, o controlador de largura de banda em conferências.

Os padrões para protocolos referenciados na recomendação H.323 constituem uma pilha organizada, como é mostrado abaixo:

Video	Audio	Controle				Dados
H.26x	G.7xx	RTPC	H.225.0 (RAS)	H.225.0 - Q.931 (Sinalização de Chamadas)	H.245 (Controle de Chamadas)	T.120
RTP						
UDP			TCP			
IP						
Protocolo da camada física						

Figura 5 - Pilha de protocolos H.323

3.3 – Protocolo SIP

O SIP também é um protocolo de padronização de videoconferência, telefonia e mensagens instantâneas. Criado em 1999, é mais novo que o H.323 e vem ganhando espaço em aplicativos que utilizam Voz sobre IP. O SIP foi desenvolvido como parte da

“Internet Multimedia Conferencing Architecture”, e foi projetado para interagir com outros protocolos da Internet como TCP, UDP, TLS, IP, DNS entre outros. Por esse motivo oferece grande estabilidade e flexibilidade. Por ter representação textual (vantajoso em relação à representação binária do protocolo H.323), tem sido visto como protocolo predominante na tecnologia Voz sobre IP.

O protocolo SIP também faz parte de um controle de conferência da IETF. O protocolo de controle do nível de aplicação é usado para criar, modificar e terminar sessões com um ou mais participantes, o que inclui distribuição multimídia e conferência pela Internet. Algumas das características da aplicação SIP são:

- Oferece recursos de controle de chamada, como: espera, encaminhamento, transferência, mudanças de mídia etc.
- Aceita infra-estrutura da Web, por exemplo, segurança, cookies.
- É orientado para Web e independe do protocolo de rede.
- Pode oferecer notificação de evento e "listas de companheiros".

A especificação do SIP define os componentes da arquitetura de sinalização como clientes e servidores:

- Agente usuário (*User Agent – UA*) – formado por uma parte cliente (*User Agent Client – UAC*), capaz de iniciar requisições SIP, e por uma parte servidora (*User Agent Server – UAS*), capaz de receber e responder requisições SIP.
- *Servidor Proxy (Proxy Server)* – elemento intermediário, que atua tanto como um servidor quanto como um cliente, com o propósito de fazer requisições em benefício de outros clientes que não podem fazer as requisições diretamente.
- Servidor de redirecionamento (*Redirect Server*) – mapeia um endereço em zero ou mais novos endereços associados a um cliente.
- Servidor de registro (*Register Server*) – armazena informações sobre onde uma parte pode ser encontrada, trabalhando em conjunto com o servidor de redirecionamento e o servidor proxy.

O SIP permite a mobilidade do usuário, através de proxy e redirecionamento de requisições para o local atual do usuário. Ele não prescreve como uma configuração deve ser gerenciada. Em vez disso, ele usa um servidor central para gerenciar o estado da conferência e do participante. Ele pode convidar usuários para conferências, transportando as informações necessárias.

Como dito acima, o SIP vem ganhando espaço sobre H.323 na telefonia IP. O protocolo H.323 é um protocolo robusto que foi inicialmente desenvolvido para aplicações multimídias em LAN's, diferentemente do SIP, que é um protocolo simples e eficiente, baseado nos protocolos HTTP e SMTP da Internet.

O H.323 possui uma complexidade muito maior que o SIP, uma vez que, utiliza diferentes protocolos e não é baseado em texto, é baseado em codificação binária ASN.1 PER, a maior complexidade do H.323 pode ser observada ao realizar uma chamada. O SIP envia apenas 4 pacotes, enquanto o H.323 precisa enviar 12 pacotes.

O H.323 possui baixa integração com outros componentes da Internet e não oferece suporte a Firewall nem instant messenger pois não foi inicialmente desenvolvido para a Internet.

Concluindo, o H.323 é um padrão muito poderoso, porém complexo demais para ser utilizado em telefonia IP. Uma vez que a tecnologia VoIP visa uma redução dos custos, o H.323 torna-se uma solução mais complicada, pois exige um grande esforço de implementação, diferente do SIP que é um protocolo simples, confiável e desenvolvido para a Internet, ideal para telefonia IP. O fator decisivo para o SIP substituir o H.323 não está na qualidade e sim na simplicidade.

3.4 – Protocolos de Transporte

Aplicações típicas de Internet usam TCP/IP, enquanto VoIP usa RTP/UDP/IP. O TCP é um protocolo confiável que utiliza confirmações e retransmissões para assegurar que os pacotes foram recebidos. O TCP tem a característica de ajustar a taxa de transmissão, que aumenta quando a rede está descongestionada, mas diminui rapidamente quando o host originador não recebe uma confirmação positiva do host destino. Logo o TCP não é um protocolo adaptável a aplicações em tempo real como a transmissão de voz, porque a necessidade de confirmação e retransmissão leva a um atraso excessivo.

O UDP provê um serviço de entrega não confiável utilizando o IP para transportar suas mensagens entre dois pontos na Internet. Quando utilizado juntamente com o RTP, provê uma função de transporte ponto-a-ponto para aplicações que transmitem dados real-time, como áudio e vídeo.

3.4.1 – RTP

O *Real-time Transport Protocol* (RTP) é um protocolo da camada de aplicação que tem como objetivo transportar informações multimídias que ficam contidas em seus cabeçalhos. Informações como número de seqüência, timestamp e codificação entre outros, podem ser passados para o receptor.

O RTP roda sobre o UDP. O lado emissor encapsula a informação de mídia em pacotes RTP, estes serão encapsulados em segmentos UDP e em seguida são enviados para a camada IP.

Este protocolo está sendo altamente utilizado, e isto permite uma maior interoperabilidade entre as aplicações multimídias.

É importante enfatizar que o RTP não provê um mecanismo para assegurar o tempo de entrega ou qualquer tipo de qualidade de serviço, a entrega pode se dar de maneira desordenada e sem nenhuma garantia.

3.4.2 – RTCP

Real-time Control Protocol (RTCP) é baseado na transmissão periódica de pacotes de controle para todos os participantes de uma sessão. O RTCP pode ser usado em conjunto com o RTP, onde os pacotes RTCP são transmitidos por cada participante em uma sessão RTP para todos os outros participantes na sessão usando IP multicast. Os pacotes RTCP são enviados periodicamente e contém informações que representam estatísticas que podem ser úteis para a aplicação. Estas estatísticas incluem o número de pacotes perdidos e o jitter.

O RTCP executa as seguintes funções:

- Provê o feedback da qualidade da distribuição de dados;
- Controla a taxa para que o RTP seja escalável para um grande número de participantes
- Transporta o mínimo de informações de controle de sessão

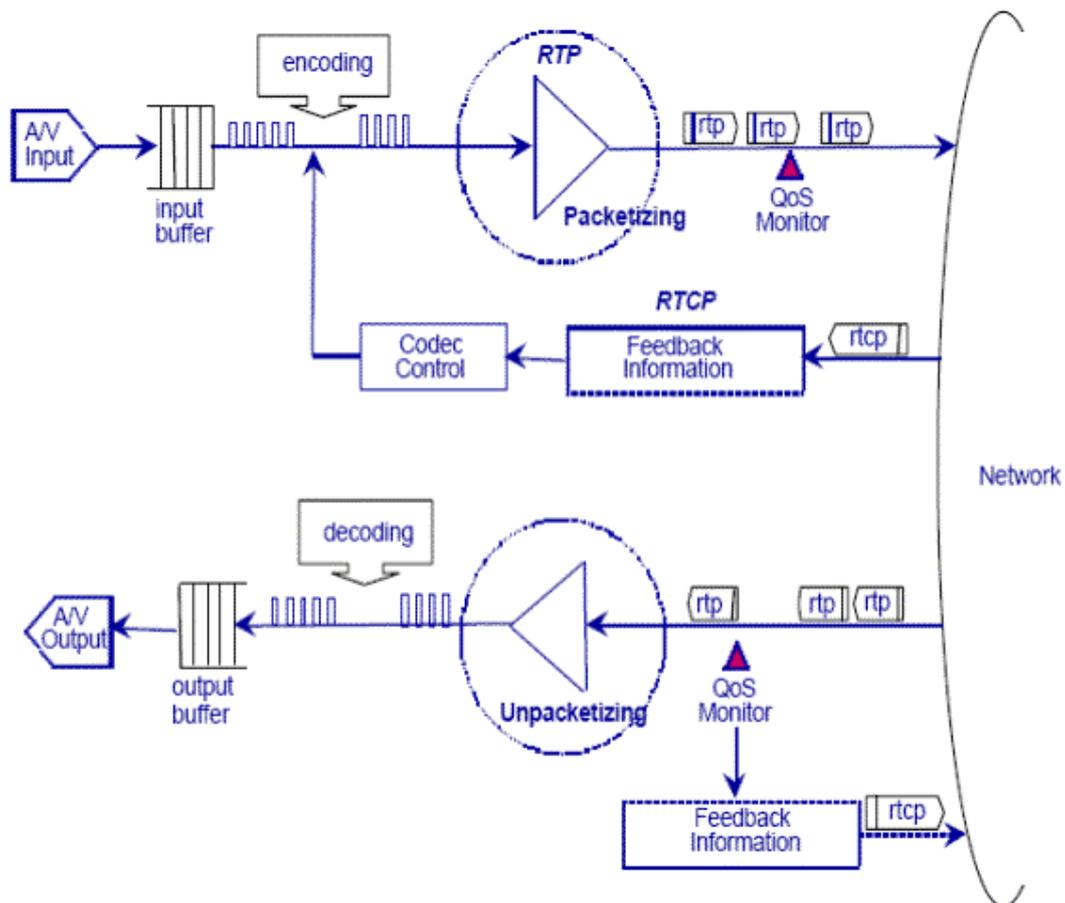


Figura 6 - Encapsulação dos pacotes UDP (Fonte: Voice over Internet Protocol [5])

A figura anterior demonstra o encapsulamento dos pacotes UDP pelo cabeçalho RTP. Ao serem transmitidos pela rede estes pacotes chegam até seu destino. A partir de então algumas informações de controle podem ser enviadas para o receptor através do protocolo RTCP.

Capítulo 4

Qualidade de Serviço - QoS

4.1 – Princípios

O transporte de dados VoIP, utilizando como suporte a rede Internet comercial, nos mostra com a experiência, que os pacotes IP contendo os dados de voz, ao passarem por diversos domínios e roteadores, frequentemente não têm mais condições de oferecer uma qualidade de voz aceitável no destino. Um dos motivos é que os parâmetros de QoS (*Quality of Service*) exigidos para este serviço, relativos ao atraso e à variação deste atraso, não podem ser assegurados pela Internet comercial. O volume de dados gerado por uma aplicação VoIP é outro desafio para a rede TCP/IP, fazendo com que a sua aplicação, muitas vezes, se restrinja a redes corporativas privadas, nas quais é relativamente simples e pouco onerosa a disponibilização de amplos recursos em termos de banda passante.

Desde que a demanda pelos serviços IP Telephony aumentou, os fabricantes de equipamentos iniciaram uma corrida para desenvolver protocolos que garantissem qualidade de serviços ponto-a-ponto.

A arquitetura básica para o QoS, apresenta as três peças fundamentais para a sua implementação:

- Identificação e marcação de técnicas de QoS para a coordenação de ponta a ponta entre elementos da rede;
- QoS dentro de um único elemento de rede (por exemplo, filas, programação e ferramentas de modelagem de tráfego);
- Política de QoS, administração, contabilidade e funções para controlar e administrar o ponto-a-ponto de tráfego através de uma rede;

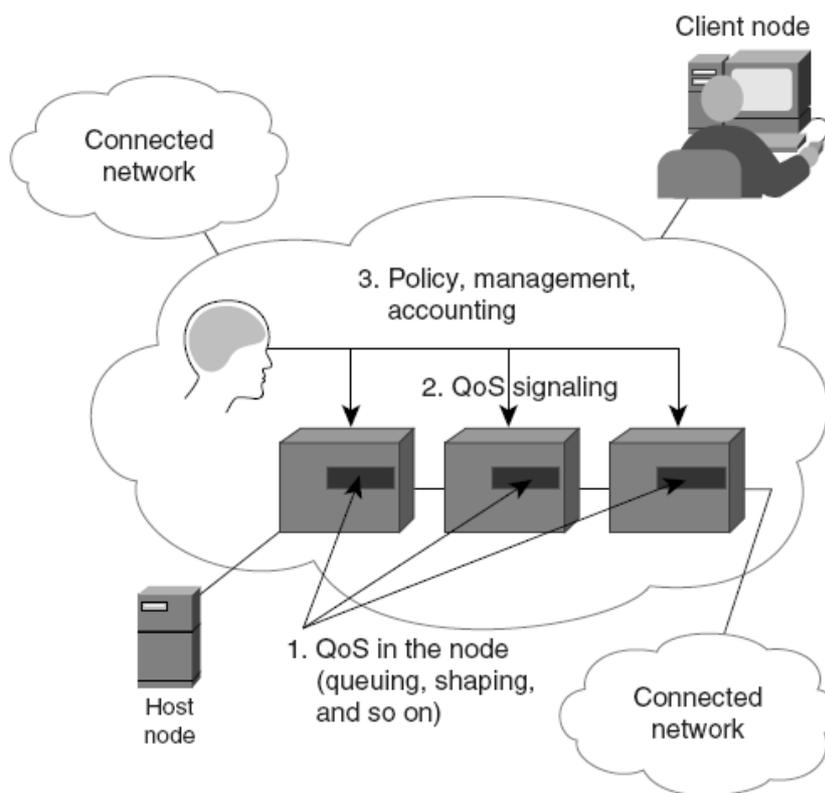


Figura 7 - Implementação básica de QoS (Fonte: Internetworking Technologies Handbook [3])

A QoS é garantida pela rede, seus componentes e equipamentos utilizados. Do ponto de vista dos programas de aplicação, a QoS é tipicamente expressa e solicitada em termos de uma "Solicitação de Serviço" ou "Contrato de Serviço". A solicitação de QoS da aplicação é denominada tipicamente de SLA (Service Level Agreement).

A SLA deve definir claramente que requisitos devem ser garantidos para que as aplicações possam ser executadas com qualidade.

Na especificação das SLAs são definidos os parâmetros de qualidade de serviço e alguns dos mais comumente utilizados são descritos no decorrer deste capítulo.

4.2 – Vazão

A vazão (banda) é o parâmetro mais básico de QoS, e é necessário para a operação adequada de qualquer aplicação.

Em termos práticos as aplicações geram vazões que devem ser atendidas pela rede. A tabela 1 ilustra a vazão típica de algumas aplicações:

Aplicação	Vazão (Típica)
Aplicações Transacionais	1 Kbps a 50 Kbps
Quadro Branco (<i>Whiteboard</i>)	10 Kbps a 100 Kbps
Voz	10 Kbps a 120 Kbps
Aplicações Web (WWW)	10 Kbps a 500 Kbps
Transferência de Arquivos (Grandes)	10 Kbps a 1 Mbps
Vídeo (<i>Streaming</i>)	100 Kbps a 1 Mbps

Tabela 1 - Vazão típica de algumas aplicações (Fonte: QoS em Voz sobre IP [12])

4.3 – Latência e Atraso

A latência e o atraso são parâmetros importantes para a qualidade de serviço das aplicações. Ambos os termos podem ser utilizados na especificação de QoS, embora o termo "latência" seja convencionalmente mais utilizado para equipamentos e o termo "atraso" seja mais utilizado para as transmissões de dados (atrasos de transmissão, atrasos de propagação).

Os atrasos fixos causam desconforto na conversação e as variáveis atrapalham a cadência na transmissão da voz. Surgem dois problemas para o tráfego de voz quando o atraso é alto: o eco e a sobreposição de conversação.

O eco torna-se um problema quando o atraso de *round-trip* é maior do que 50 ms. Fontes de atrasos em pacotes de voz são devidas à coleção de amostras de voz, codificação/compressão, descompressão/decodificação e empacotamento, filas de processamento, atrasos em buffer de *jitter* e compensação do *jitter* na recepção e sobrecarga da rede.

O problema da sobreposição de conversação ocorre para atrasos em uma direção maiores que 250 ms, o qual o ouvido humano é capaz de perceber. Uma conversação torna-se impossível acima de 400 – 500 ms. Portanto, é necessário limitar o atraso total a um valor máximo tolerável, o qual é inversamente proporcional a qualidade de voz que se deseja. Segundo recomendação ITU-T G.114, este atraso máximo deve ser de 150 ms.

Os principais fatores que influenciam na latência de uma rede, são: o atraso de propagação (Propagation Delay), a velocidade de transmissão e o processamento nos equipamentos.

O atraso de propagação corresponde ao tempo necessário para a propagação do sinal elétrico ou propagação do sinal óptico no meio que esteja sendo utilizado (fibras ópticas, satélite, cabo coaxial) e é um parâmetro imutável onde o gerente de rede não tem nenhuma influência.

A velocidade de transmissão é um parâmetro controlado pelo gerente visando normalmente à adequação da rede à qualidade de serviço solicitada. Em se tratando de redes locais (LANs), as velocidades de transmissão são normalmente bastante elevadas, tendendo a ser tipicamente superiores a 10 Mbps para cada usuário, como por exemplo, no caso de redes utilizando LAN Switches. Além disso, considere-se também que num cenário de redes locais (LANs - redes proprietárias confinadas) têm-se apenas custos de investimento pois nelas não se tem, pelo menos em termos de equipamentos, custos operacionais mensais.

Em se tratando de redes de longa distância (Redes corporativas estaduais e nacionais, redes metropolitanas, intranets metropolitanas) as velocidades de transmissão são dependentes da escolha de tecnologia de rede WAN (Linhas privadas, Frame Relay, satélite, ATM). Embora exista obviamente a possibilidade de escolha da velocidade adequada para garantia da qualidade de serviço, observam-se neste caso restrições e/ ou limitações nas velocidades utilizadas, tipicamente devidas aos custos mensais envolvidos na operação da rede. Além desse fator, observam-se também algumas restrições quanto à disponibilidade tanto da tecnologia quanto da velocidade de transmissão desejada. Em termos práticos, trabalha-se em WAN tipicamente com vazões da ordem de alguns megabits por segundo (Mbps) para grupos de usuários.

O resultado das considerações discutidas é que a garantia de QoS é certamente mais crítica em redes MAN (Metropolitan Area Network) e WAN (Wide Area Network) pelo somatório de dois fatores, ambos negativos: o trabalho com velocidades (Vazão) mais baixas e a latência (Atrasos) muito maior quando comparada ao cenário das redes locais.

O terceiro fator que contribui para a latência da rede é a contribuição de atraso referente ao processamento realizado nos equipamentos. A título de exemplo, numa rede IP os pacotes são processados ao longo do percurso entre origem e destino por:

- Roteadores (comutação de pacotes)

- LAN Switches (comutação de quadros)
- Servidores de Acesso Remoto (RAS) (comutação de pacotes)
- Firewalls (processamento no nível de pacotes ou no nível de aplicação)

Considerando que a latência é um parâmetro ponto-a-ponto, os equipamentos finais (hosts) também têm sua parcela de contribuição para o atraso. No caso dos hosts, o atraso depende de uma série de fatores, tais como, a capacidade de processamento do processador, a disponibilidade de memória, os mecanismos de cachê e o processamento nas camadas de nível superior da rede (Programa de aplicação, camadas acima da camada IP).

Em resumo, observe-se que os hosts são também um fator importante para a qualidade de serviço e, em determinados casos, podem ser um ponto crítico na garantia de QoS. Esta consideração é particularmente válida para equipamentos servidores (*Servers*) que têm a tarefa de atender solicitações simultâneas de clientes em rede.

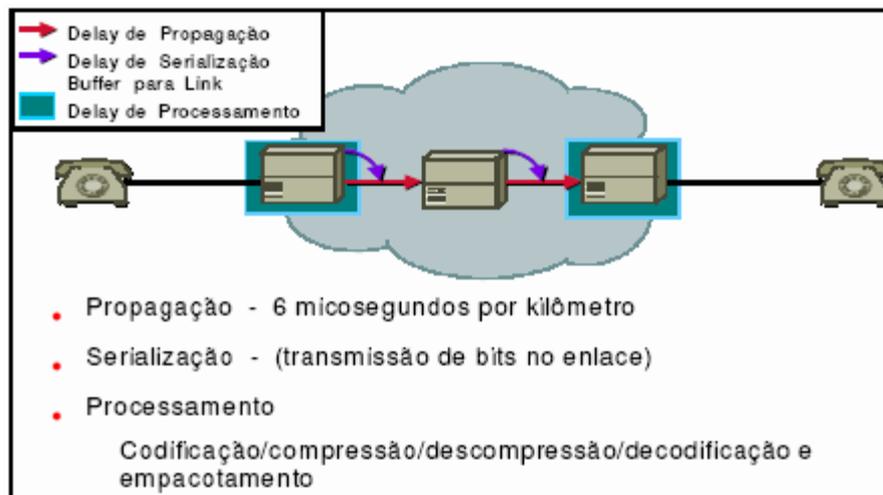


Figura 8 - Atraso na rede

4.4 – Jitter

O *jitter* é outro parâmetro importante para a qualidade de serviço. No caso, o jitter é importante para as aplicações executadas em rede cuja operação adequada depende de alguma forma da garantia de que as informações (pacotes) devem ser

processadas em períodos de tempo bem definidos. Este é o caso, por exemplo, de aplicações de voz e fax sobre IP (VoIP), aplicações de tempo real, etc.

Do ponto de vista de uma rede de computadores, o jitter pode ser entendido como a variação no tempo e na seqüência de entrega das informações (*Packet-Delay Variation*) devido à variação na latência (atrasos) da rede.

Conforme discutido no item anterior, a rede e seus equipamentos impõem um atraso à informação e este atraso é variável devido a uma série de fatores, como tempo de processamento diferente nos equipamentos intermediários (roteadores, switches, ...), tempos de retenção diferentes impostos pelas redes públicas (Frame relay, ATM, X.25, IP, ...) e outros fatores ligados à operação da rede.

A figura 9 ilustra o efeito do *jitter* entre a geração de pacotes na origem e o seu processamento no destino. Observe que o *jitter* causa não somente uma entrega com periodicidade variável (*Packet-Delay Variation*) como também a entrega de pacotes fora de ordem.

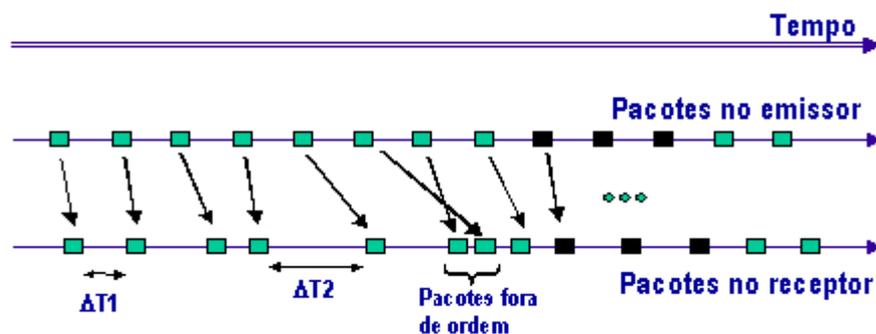


Figura 9 - Efeito do jitter para as Aplicações (Fonte: QoS em Voz sobre IP [12])

Em princípio, o problema dos pacotes fora de ordem poderia ser resolvido com o auxílio de um protocolo de transporte como o TCP (*Transmission Control Protocol*) que verifica o sequenciamento das mensagens e faz as devidas correções. Entretanto, na prática tem-se que a grande maioria das aplicações multimídia optam por utilizar o UDP (*User Datagram Protocol*) ao invés do TCP pela maior simplicidade e menor overhead deste protocolo. Nestes casos, o problema de sequenciamento deve ser resolvido por protocolos de mais alto nível normalmente incorporados à aplicação como, por exemplo, o RTP (*Real Time Transfer Protocol*).

O *jitter* introduz distorções no processamento da informação na recepção e deve haver mecanismos específicos de compensação e controle que dependem da aplicação em questão. Genericamente, uma das soluções mais comuns para o problema consiste na utilização de *buffers*.

4.5 – Perdas

A perda de pacotes pode ser um problema mais sério, dependendo do tipo de rede de pacotes que está sendo utilizada. Como redes IP não garantem QoS, elas normalmente exibem um perda de pacotes de voz muito maior que uma rede ATM, por exemplo. Nas redes IP atuais, todos os pacotes de voz são tratados como dados. Diante de situações de congestionamento e de alta carga, os pacotes de voz são descartados do mesmo modo que os pacotes de dados. Entretanto, os pacotes de dados não são sensíveis a temporização, e sua perda pode ser corrigida por retransmissões. Mas os pacotes de voz perdidos não podem ser tratados da mesma maneira, por isso são usados métodos alternativos.

O primeiro método chamado interpolação, repete o último pacote recebido durante o intervalo de tempo reservado ao pacote perdido. Este é um método simples que preenche o tempo entre pacotes de voz não contíguos. Isto funciona muito bem quando a incidência de perdas é baixa.

O segundo método seria enviar informação redundante às custas de uma ocupação maior de banda de rede. O modelo básico duplica e envia o n -ésimo pacote de voz junto com um $(n+1)$ -ésimo pacote-cópia. Este método tem a vantagem de ser capaz de corrigir o pacote perdido. Entretanto além de usar mais banda, gera maior atraso.

O terceiro método, um modelo híbrido, usa uma codificação de voz de banda muito menor para prover informação redundante junto com o $(n+1)$ -ésimo pacote. Isto reduz o problema de banda extra requerida, mas falha ao resolver o problema do atraso.

Apesar das inevitáveis variações na performance da rede (congestionamentos ou falhas de links), a manutenção dos níveis de qualidade de voz aceitáveis (atendendo aos requisitos técnicos básicos para suportar aplicações de VoIP), é obtido através de técnicas como: Compressão, Supressão de Silêncio e Cancelamento de Eco.

A partir de 1990 o desenvolvimento de equipamentos como os *Digital Signal Processor* (DSP) permitiu avanços notáveis nas implementações de voz sobre a rede de dados. A baixo custo e alta performance, os DSPs podem processar através de algoritmos eficientes a compressão e o cancelamento de eco.

4.6 – Disponibilidade

A disponibilidade é um aspecto da qualidade de serviço abordada normalmente na fase de projeto da rede.

Em termos práticos, a disponibilidade é uma medida da garantia de execução da aplicação ao longo do tempo e depende de fatores tais como:

- Disponibilidade da rede pública, quando a mesma é utilizada (Operadoras de telecomunicações, carriers, ISPs - *Internet Service Providers*)
- Disponibilidade dos equipamentos utilizados na rede proprietária (Rede do Cliente) (LAN, MAN ou WAN)

As empresas dependem cada vez mais das redes de computadores para a viabilização de seus negócios (Comércio eletrônico, home-banking, atendimento online, transações online) e, neste sentido, a disponibilidade é um requisito bastante rígido. A título de exemplo, requisitos de disponibilidade acima de 99% do tempo são comuns para as QoS de aplicações WEB, aplicações cliente/ servidor e aplicações de forte interação com o público, dentre outras.

Capítulo 5

O Projeto VoIP no Centro de Tecnologia

Por causa de sua arquitetura tecnológica "fechada", com inteligência e funcionalidades reunidas nas centrais telefônicas, realizar *upgrades* de funcionalidades e incluir novos serviços de valor adicionado é muitas vezes um processo caro, demorado e complicado. Este capítulo irá descrever os equipamentos necessários para a implantação da nova tecnologia no sistema existente.

Não é objetivo deste projeto proceder qualquer modificação ou fornecimento de equipamentos e materiais para as redes internas, ficando tal custo sob responsabilidade das respectivas unidades. Será fornecida uma lista de equipamentos recomendados, meramente a título de referência para aquisições.

Vale a pena ressaltar que devido à natureza proprietária das centrais existe uma tendência a "prender" a operadora ao fabricante do equipamento. Os equipamentos que deverão ser instalados devem, portanto seguir essa restrição, sendo do fabricante dos atuais equipamentos da Universidade.

5.1 – Equipamentos para a Central

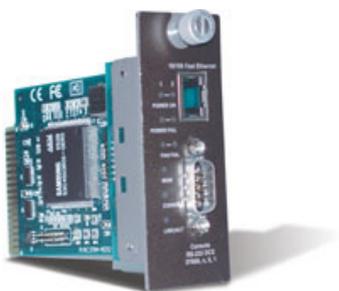
- NEC SV-8000
Preço médio Unitário: R\$ 30.000,00
- Switch 3Com® 4500 26-Port
Preço médio Unitário: R\$ 1.848,00



- Sistema de Chassis para Conversor de Fibra Série TFC 16 slots
Preço médio Unitário: R\$ 1.225,00



- Módulo de Gerenciamento para TFC-1600
Preço médio Unitário: R\$ 581,30



- Conversor de Fibra Mono-Modo 10/100Base-TX para 100Base-FX (15 Km) com Conector SC
Preço médio Unitário: R\$ 390,00



- Rack de piso 19 polegadas com altura de 16U e profundidade de 40 cm, com base, teto, fundo e laterais com pintura eletrostática a pó.

Preço médio Unitário: R\$ 600,00



5.2 – Equipamentos para os TCBs

- Switch SNMP 10/100 Mbps 24 portas com Slot para Módulo Gigabit

Preço médio Unitário: R\$ 951,00



- Módulo de Fibra SC 100Base-FX 2 portas para TEG-S2400i e TEG-S2500i
Preço médio Unitário: R\$ 527,40



5.3 – Equipamentos/ Telefones Recomendados para as Redes Internas

As redes internas deverão levar cabeamento adequado do novo switch, até o TCB mais próximo, em que este será interligado. Os telefones IP (protocolo SIP) deverão então ser conectados a pontos de switches da rede interna. Os números dos ramais serão fornecidos pela Divisão de telefonia da UFRJ.

A tabela abaixo relaciona alguns modelos de telefone IP ao seu preço em 2009:

MARCA	MODELO	PREÇO MEDIO
Philips	1511-B	R\$ 100,00
Philips	VoIP 080	R\$ 80,00
Siemens	s/fio A 580 IP VoIP	R\$ 360,00

GE	s/fio Dect 6.0+ VoIP	R\$ 200,00
NEC	IP 2Dterm	R\$ 430,00
NEC	IP 4Dterm / IP 6Dterm	R\$ 550,00
Cisco	SPA 7910	R\$ 280,00
Cisco	SPA 7921	R\$ 300,00
Cisco	SPA 7960	R\$ 590,00
Policom	SoundPoint IP 300	R\$ 330,00
Policom	SoundPoint IP 320	R\$ 400,00
Policom	SoundPoint IP 330	R\$ 500,00
Policom	SoundPoint IP430	R\$ 450,00

Tabela 2 - Telefones VoIP

5.4 - Funcionamento do Sistema

As tecnologias envolvidas no processo de telefonia IP podem ser divididas em quatro categorias: sinalização, codificação, transporte e o controle de gateway.

O propósito dos protocolos de sinalização é criar e gerenciar conexões entre *endpoints*. Então quando a conversação começa, o sinal analógico produzido pela voz humana precisa ser codificado em formato digital para ser transmitido através da rede IP. A rede IP deve assegurar que a conversação em tempo real seja transportada de maneira a produzir uma qualidade de voz aceitável. Finalmente é necessário para o sistema de telefonia IP que seja realizada a conversão através de um gateway para outro formato possibilitando a inter-operação entre a rede IP e a rede de telefonia convencional (PSTN).

Uma vez que o usuário disca um número de telefone, a sinalização é requerida para determinar o status – disponível ou ocupado – e para estabelecer a chamada. *Signaling System 7* (SS7) é o conjunto de protocolos usados para estabelecer, finalizar e manter a chamada no ambiente PSTN.

A próxima figura descreve um tipo de rede VoIP utilizando um SS7-to-IP gateways. SS7 provê o controle de chamadas dos dois lados do tradicional PSTN, enquanto o H.323/SIP provê o controle de chamadas na rede IP. O media gateway provê a conversão entre ambos.

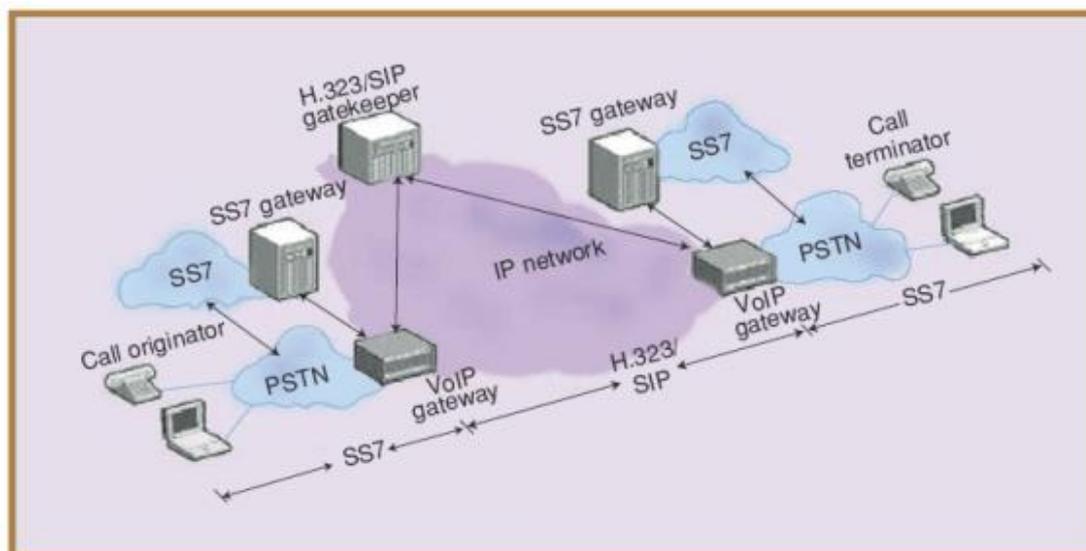


Figura 10 - Rede SS7 baseada em VoIP (Fonte: Voice over Internet Protocol [5])

5.4.1 – *Media Gateway e Media Gateway Controller*

As funções de telefonia foram transferidas para um novo elemento de rede denominado *Media Gateway* (MG). Este é responsável pela interface de mídia entre o PSTN e a rede IP. O MG é um *endpoint* simples, que faz somente o que lhe é mandado. Ele não compreende as sinalizações tanto do PSTN quanto da rede IP e também não compreende os serviços e nem as chamadas. O MG cria, modifica e destrói conexões entre o PSTN e a rede IP.

O *Media Gateway Controller* (MGC) é um *endpoint* inteligente, ele interage com os pontos para estabelecer, modificar e destruir conexões entre os pontos de uma rede. A manipulação dessas conexões resulta em vários serviços: estabelecimento de chamadas, características como transferência, espera e encaminhamento. O MGC é o componente que supervisiona as chamadas e serviços fim a fim. Frequentemente ele é implementado em um componente de sistema de alta confiabilidade.

MGCs e MGs interagem uns com os outros através de interfaces proprietárias, ou por protocolos padrões que estão sendo desenvolvidos tanto pelo ITU quanto pelo IETF, que são o H.323 e o SIP respectivamente.

Apesar da Internet ter sido projetada para manipular dados com característica elástica, nós podemos perceber o grande aumento das aplicações em tempo real, e um dos fatores que contribui para isto é o crescente aumento do uso da telefonia IP. Um dos fatores críticos para a difusão desta tecnologia é a implementação da interoperabilidade com as redes telefônicas existente. Esta interoperabilidade é possível através da utilização do *Internet Telephony Gateway's* (ITG's) que executa a tradução entre a rede IP e o PSTN. Então para que um IP host estabeleça a chamada com o usuário da rede PSTN, este host deve conhecer o endereço IP do gateway apropriado.

Prover conectividade entre usuários de telefonia IP e PSTN é a função do *Internet Telephony Gateway* (ITG). O ITG pode trabalhar tanto na camada de rede quanto na camada de aplicação. Na camada de rede o ITG traduz as informações de endereçamento do PSTN em IP e vice-versa. Como isto requereria significantes mudanças nos roteadores e equipamentos telefônicos existentes, os ITGs comumente operam em nível de aplicação. Isto implica em que eles agem como sistemas finais em ambos os lados da rede IP e do PSTN. Quando um IP host quer contatar um usuário

PSTN, este deve primeiro contatar o ITG, o qual terminaria a porção IP da chamada e iniciaria uma nova chamada no PSTN para o destino final.

Com aplicações que utilizem gateways, é necessário que os sistemas finais contatem primeiramente os gateways antes de atingir o destino final. Note que os usuários podem não ter conhecimento desta operação, apenas o software subjacente e o hardware correspondente necessitam contatar o ITG. O problema existe em ambos os lados do ITG. Por causa das diferenças entre as interfaces e arquiteturas de rede, estes problemas são resolvidos em diferentes modelos. Não faz parte do escopo do presente trabalho o seu detalhamento.

Capítulo 6

Conclusão

Este projeto tem por objetivo o aumento da oferta de ramais telefônicos no Centro de Tecnologia da UFRJ, atendendo a demanda reprimida existente e criando possibilidade de novas expansões futuras sem grandes investimentos novos.

Busca também ser um modelo a ser usado nas necessárias expansões de centrais telefônicas localizadas em outros centros da Universidade.

Foram observadas as vantagens de se utilizar o sistema VoIP, tais como: compressão variável, segurança através de criptografia, identificação de quem chama, chamadas internacionais pagando taxas locais, fácil integração com vídeo, *whiteboard*, supressão de silêncio, geração de menor tráfego, facilidades compartilhadas, vantagens operacionais, comutação mais barata e fax enviado como dado.

Dentre os pontos negativos da tecnologia, pode-se destacar: a qualidade do som imprevisível, menor confiabilidade, infra-estrutura de cobrança inexistente, desafios técnicos a serem superados e questões relacionadas à regulamentação.

Apesar destes pontos negativos, a implementação da tecnologia VoIP, proporcionaria à Universidade uma ótima alternativa à simples expansão das centrais existentes hoje. A integração da UFRJ se dará, não só com a expansão das unidades, mas também com a inclusão das unidades isoladas, que hoje somam 17 espalhadas pelo estado do Rio de Janeiro.

Apresentou-se então o embasamento teórico-prático de uma solução viável, incluindo custos aproximados dos equipamentos a serem utilizados, para um problema concreto vivido por nossa Universidade.

Bibliografia

- [1] COLCHER, Sérgio, GOMES, Antônio Tadeu, SILVA, Anderson Oliveira da, FILHO, Guido L. de Souza, SOARES, Luiz Fernando G., “VoIP Voz sobre IP”. Rio de Janeiro, 2005.
- [2] Migita, W., Izu, A., “VoIP e a Revolução na Telefonia – Segunda Parte – Informação, Comunicação e a Sociedade do Conhecimento”, http://conhecimento.incubadora.fapesp.br/portal/trabalhos/2005/VoIPEARevolu_c3_a7_c3_a3oNaTelefoniaSegundaParte, (Acesso em 17 de Dezembro de 2009).
- [3] Interworking Technology Handbook – Quality of Service (QoS) – Cisco Systems, <http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/QoS.html>, (Acesso em 15 de Janeiro de 2010).
- [4] H.323: Um padrão para sistemas de comunicação multimídia baseado em pacotes – G, <http://www.rnp.br/newsgen/0111/h323.html>, (Acesso em 20 de dezembro de 2009).
- [5] Moura, N. T., “Voice Over Internet Protocol – VoIP”, http://www.ic.uff.br/~celio/classes/mmnets/projetos/Nilmax/Voip_Survey.html, (Acesso em 15 de Janeiro de 2010).
- [6] Protocolos VoIP – Brasil Escola, <http://www.brasilecola.com/informatica/protocolos-voip.htm>, (Acesso em 30 de Janeiro de 2010).
- [7] Teleco, : <http://www.teleco.com.br>, (Acesso em 10 de Janeiro de 2010).
- [8] Qualidade de Serviço VoIP – Parte I, http://www.rnp.br/newsgen/0005/qos_voip1.html, (Acesso em 30 de Janeiro de 2010).

- [9] Qualidade de Serviço VoIP – Parte II, http://www.rnp.br/newsgen/0009/qos_voip2.html#ng-2, (Acesso em 30 de Janeiro de 2010).
- [10] H.323 versus SIP: A Comparison, http://www.packetizer.com/ipmc/h323_vs_sip/, (Acesso em 10 de Janeiro de 2010).
- [11] SIP, http://www.gta.ufrj.br/grad/06_1/sip/index.html, (Acesso em 15 de dezembro de 2009).
- [12] QoS em VoIP, http://www.cefetrio.hpg.ig.com.br/ciencia_e_educacao/8/trabalhos/rlc_2_2003/VoIP/QOS_VoIP.htm, (Acesso em 05 de Fevereiro de 2010).