

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE

SERGIO STRIEDER

IMPLEMENTAÇÃO DE CENTRAL TELEFÔNICA VOIP

Novo Hamburgo, junho de 2007.

SERGIO STRIEDER

## IMPLEMENTAÇÃO DE CENTRAL TELEFÔNICA VOIP

Centro Universitário Feevale  
Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Curso de Ciência da Computação  
Trabalho de Conclusão de Curso

Professor Orientador: Vandersilvio da Silva

Novo Hamburgo, junho de 2007.

## RESUMO

O crescimento das redes IP, as técnicas avançadas de digitalização da voz humana e os mecanismos que permitem a qualidade de serviços nas redes IP, agregados a circuitos de alta velocidade, permitiram a consolidação da telefonia IP. A telefonia IP está em franco crescimento, pois além de reduzir os custos das ligações telefônicas, permite a convergência entre as redes de dados e voz, criando uma infra-estrutura única, facilitando os processos de instalação, manutenção e gerenciamento dessa infra-estrutura. Um dos principais recursos da telefonia IP é a utilização da tecnologia VoIP. Esse trabalho tem o objetivo de estudar e apresentar a implementação de centrais telefônicas VoIP de baixo custo como uma solução que permita substituir ou agregar recursos as centrais telefônicas que utilizam *hardware* proprietário. A central telefônica VoIP baseada no *software* livre Asterisk possibilita a interligação de localidades geograficamente distantes uma das outras através das redes IP, sem a necessidade de se pagar os altos valores cobrados pelos fabricantes de centrais telefônicas de *hardware* proprietário pela manutenção e fornecimento de equipamentos e licenças, mas garantindo a obtenção dos mesmos resultados, como por exemplo, que todas as unidades de uma empresa realizem chamadas telefônicas entre si sem precisar pagar as taxas cobradas pelas operadoras da rede telefônica pública comutada. Através da pesquisa bibliográfica sobre a tecnologia VoIP e QoS, incluindo um estudo sobre o software Asterisk, será realizado o levantamento da estrutura de uma empresa que não utiliza a tecnologia VoIP e proposta uma maneira de se implantar essa tecnologia através da implementação de centrais telefônicas VoIP. A verificação dessa implementação será realizada através de testes práticos em um ambiente que será desenvolvido, podendo esse ambiente incluir recursos disponível na atual estrutura.

Palavras-chave: VoIP. Telefonia IP. Central telefônica IP. Asterisk.

## ABSTRACT

The growth of the IP networks, the advanced techniques of digitization of the human voice and the mechanisms that allow the quality of services in the IP networks, attached to high-speed circuits, allowed the consolidation of the IP telephony. The telephony IP is in franc growth, because besides reducing the costs of the phone calls, it allows the convergence between the nets of data and voice, creating an only infrastructure, facilitating the processes of installation, maintenance and administration of that infrastructure. One of the main resources of the IP telephony is the use of the VoIP technology. This monograph has the objective of to study and to present the implementation of VoIP PABX of low cost as a solution that allows to substitute or to join resources the PABX that use proprietary hardware. The VoIP PABX based on the Asterisk open source software makes possible the interconnection of places geographically distant one of the other ones through the IP networks, without the need of paying the high values collected by the manufacturers of PABX of proprietary hardware for the maintenance and supply of equipments and licenses, but guaranteeing the obtaining of the same results, as for instance, that all of the units of a company accomplish phone calls amongst themselves without needing to pay the taxes collected by the operators of the public switched telephone network. Through the bibliographical research on the VoIP technology and QoS, including a study on the Asterisk software, it will be accomplished the rising of the structure of a company that doesn't use the VoIP technology and proposal a way to implant that technology through the implementation of VoIP PABX. The verification of that implementation will be accomplished through practical tests in an ambient that will be developed, being able to that ambient to include available resources in the current structure.

Key words: VoIP. IP Telephony . IP PABX. Asterisk.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Rede de Telefonia Pública Comutada .....	19
Figura 2.2 – Exemplo de conexão entre PABX e RTPC.....	20
Figura 2.3 – Exemplo de aplicação de PABX digital.....	20
Figura 3.1 – Tela do <i>software</i> Skype.....	23
Figura 3.2 – Equipamentos especializados para VoIP ( <i>Gateway</i> , ATA e Telefone IP).....	24
Figura 3.4 – Comunicação de voz de terminal IP para terminal IP.....	24
Figura 3.5 – Comunicação de voz de terminal IP para telefone.....	25
Figura 3.6 – Comunicação de voz de telefone para telefone usando redes IP .....	25
Figura 4.1 – Formato do pacote RTP .....	32
Figura 4.2 – Componentes de um sistema H.323 .....	36
Figura 4.3 - Pilha de protocolos H.323.....	38
Figura 4.4 – Estabelecimento de chamada H.323 .....	39
Figura 4.5 – Fluxo de sinalização de controle H.323 .....	41
Figura 4.6 – Fluxo de pacotes de áudio e fluxos de controle RTCP. ....	41
Figura 4.7 – Desconexão da chamada H.323 .....	42
Figura 4.8 – Formato da mensagem SIP.....	46
Figura 4.9 – Exemplo de fluxo de sinalização em comunicação peer-to-peer.....	48
Figura 5.1– QoS de ponta a ponta .....	51
Figura 5.2 – Modelo de referência para implementação da arquitetura IntServ .....	53
Figura 5.3 – Exemplo simples de rede DiffServ .....	54
Figura 6.1 – Arquitetura básica do Asterisk.....	60
Figura 7.1 – Estrutura básica da rede de dados de Ivoti – RS .....	69
Figura 7.2 - Estrutura básica da rede de dados de São Paulo – SP.....	72
Figura 7.3 - Estrutura básica da rede de dados de Santo Estevão – BA.....	74
Figura 7.4 - Estrutura básica da rede de dados de Vitória da Conquista – BA .....	77

Figura 7.5 – Estrutura básica da rede de dados de Itapipoca – CE.....	79
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Codecs para voz.....	30
Tabela 4.1 – Métodos de requisição e respectivas funcionalidades no SIP/2.0. ....	44
Tabela 4.2 – Métodos de requisições estendidos e respectivas funcionalidades.....	45
Tabela 4.3 – Classes de resposta e respectivas funcionalidades no SIP/2.0.....	45
Tabela 6.1 – Orientações sobre requisitos do sistema .....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADPCM	Adaptative Differencial Pulse Code Modulation
ACF	Admission Confirmation
AF	Assured Forwarding
API	Application Programming Interface
ARQ	Admissions Request
ATA	Analog Telephone Adapter
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BIOS	Basic Input/Output System
CDR	Call Detail Records
CELP	Codebook Excited Linear Prediction
CEPT	Conferência Europeia Postal de Telecomunicação
CNAME	Canonical Name
CODEC	Codificador/Decodificador
CPA	Central de Programa Armazenado
CPCT	Central Privada de Comutação Telefônica
CS-ACELP	Conjugate Structure Algebraic Codebook Excited Linear Prediction
CSRC	Contributing Source
DAC	Distribuição Avançada de Chamadas
DCF	Disengage Confirmation
DDD	Discagem Direta a Distância
DDI	Discagem Direta Internacional
DDR	Discagem Direta a Ramal
DIFFSERV	Differentiated Service
DRQ	Disengage Request
DS	Differentiated Service



DSL	Digital Subscriber Line
DSP	Digital Signal Processor
DUNDI	Distributed Universal Number Discovery
EF	Expedited Forwarding
GK	Gatekeeper
GPL	General Public License
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IAX	Inter-Asterisk eXchange
IETF	Internet Engineering Task Force
INTSERV	Integrated Service
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	ITU Telecom Standardization Sector
IVR	Interactive Voice Response
LAN	Local Area Network
LPC	Linear Predictive Coding
MC	Multipoint Controller
MCU	Multipoint Control Unit
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MP3	MPEG Audio Layer-3
MPS	Multipoint Processors
P2P	Peer-To-Peer
PABX	Private Automatic Branch Exchange
PAM	Pulse Amplitude Modulation
PC	Personal Computer
PCI	Peripheral Component Interconnect
PCM	Pulse Code Modulation
PHB	Per Hop Behavior
PRI	Primary Rate Interface
QOS	Quality of Service
RAS	Register, Admission and Status
RDSI	Rede Digital de Serviços Integrados

RDSI-FL	Rede Digital de Serviços Integrados – Faixa Larga
RR	Receiver Report
PSDN	Public Switched Data Network
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTCC	Rede Telefônica Comutada por Circuito
RTP	Real-Time Transport Protocol
RTCP	RTP Control Protocol
RTPC	Rede Telefônica Pública Comutada
SB-ADPCM	Sub Band Adaptive Differential Pulse Code Modulation
SCCP	Skinny Client Control Protocol
SDES	Source Description
SDP	Session Description Protocol
SR	Sender Report
SSRC	Synchronization Source
TCP	Transmission Control Protocol
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UNISTIM	Unified Networks IP Stimulus
URA	Unidade de Resposta Audível
URI	Universal Resource Identifier
VLL	Virtual Leased Line
VOIP	Voice over Internet Protocol
UDP	User Datagram Protocol
USB	Universal Serial Bus
VPN	Virtual Private Network
XR	Extended Reports
WAN	Wide Area Network
WIFI	Wireless Fidelity

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1 EVOLUÇÃO DO SISTEMA TELEFÔNICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 CENTRAIS PRIVADAS DE TELEFONIA .....</b>	<b>19</b>
<b>3 VOIP .....</b>	<b>22</b>
3.1 Evolução .....	22
3.2 Cenários de utilização da tecnologia VoIP .....	24
3.3 Vantagens na Utilização de VoIP .....	25
3.4 Codificação de Sinais de Voz .....	26
3.5 Codecs .....	28
<b>4 PROTOCOLOS VOIP .....</b>	<b>31</b>
4.1 RTP/RTCP .....	31
4.2 H.323 .....	34
4.2.1 Componentes da Arquitetura H.323 .....	35
4.2.2 Pilha de Protocolos H.323 .....	36
4.2.3 Estabelecimento de Chamadas H.323 .....	38
4.3 SIP - Session Initiation Protocol .....	42
4.3.1 Componentes da Arquitetura SIP .....	43
4.3.2 Mensagens SIP .....	44
4.3.3 SDP – Session Description Protocol .....	47
4.3.4 Estabelecimento de Chamadas SIP .....	47
4.4 Interoperabilidade de SIP e H.323 .....	49
<b>5 QUALIDADE DE SERVIÇO EM VOIP .....</b>	<b>50</b>
5.1 Arquitetura IntServ .....	52
5.2 Arquitetura DiffServ .....	53
<b>6 CENTRAL TELEFONICA ASTERISK .....</b>	<b>57</b>
6.1 Vantagens .....	58
6.2 Arquitetura .....	59
6.3 Codecs .....	61
6.4 Protocolos .....	61
6.4.1 IAX .....	61
6.4.2 MGCP .....	62
6.4.3 Skinny/SCCP .....	62
6.4.4 UNINSTIM .....	62
6.5 Principais Funcionalidades .....	62

6.5.1	Ligações ponto-a-ponto .....	62
6.5.2	Truncamento de Linhas .....	63
6.5.3	Funcionalidades de Telecom .....	63
6.5.4	Distribuição Avançada de Chamadas (DAC) .....	63
6.5.5	Registro de Detalhes de Ligação – CDR (Call Detail Records) .....	64
6.5.6	Gravação de Chamadas.....	64
6.5.7	Unidade de Resposta Audível – URA .....	64
6.5.8	Correio de Voz.....	65
6.5.9	Discador Automático .....	65
6.5.10	Sala de Conferência .....	65
6.6	Requisitos de Hardware.....	65
6.7	Requisitos de Software .....	66
6.7.1	Distribuição Linux .....	66
6.7.2	Pacotes Necessários .....	67
<b>7</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DE CENTRAL TELEFONICA VOIP .....</b>	<b>68</b>
7.1	Levantamento da Estrutura e das Necessidades .....	68
7.1.1	Ivoti – RS .....	68
7.1.2	São Paulo – SP.....	71
7.1.3	Santo Estevão - BA.....	74
7.1.4	Vitória da Conquista - BA .....	76
7.1.5	Itapipoca – CE .....	79
7.2	Proposta de Implementação.....	81
7.3	Implementação de um ambiente de testes .....	82
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>83</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>

## INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados pela telefonia convencional é o de suprir as necessidades de empresas que possuem unidades instaladas em localidades geograficamente distantes ou que realizam um grande volume de ligações telefônicas do tipo DDD (Discagem Direta a Distância) e DDI (Discagem Direta Internacional), já que esse modelo gera um alto custo, pois estas ligações estão sujeitas as tarifas das operadoras de telefonia que normalmente são calculadas em função da distância e do horário em que são realizadas. Outro grande problema é a exigência por funcionalidades mais sofisticadas e inteligentes.

A telefonia IP que está em franco crescimento vem ao encontro dessas necessidades, pois além de reduzir os custos das ligações telefônicas, possibilita a convergência entre as redes de voz e de dados, criando uma infra-estrutura única, o que permite uma maior facilidade de instalação, manutenção e gerenciamento. Alguns novos recursos como videoconferência e unificação dos sistemas de mensagens também são oferecidos.

A telefonia IP utiliza a tecnologia VoIP, essa por sua vez possui diversos protocolos, onde os mais comuns são o H.323 e o SIP (*Session Initiation Protocol*). O protocolo H.323 ainda é muito usado em voz sobre IP, especialmente na conectividade com projetos mais antigos utilizando roteadores Cisco ou *gateway* de voz. É um padrão para fornecedores de PABX e roteadores, mas está sendo substituído pelo SIP, que é um protocolo aberto descrito pela IETF (*Internet Engineering Task Force*) e que está sendo largamente implementado pelas operadoras VoIP, sendo considerado um protocolo padrão de fato para a telefonia IP.

Um estudo realizado pela *Infonetics Research* com 240 empresas aponta que o uso de sistemas de voz sobre IP é impulsionado principalmente pelas grandes empresas, onde 36% já utilizam. Nas médias empresas o índice cai para 23% e para 14% nas pequenas empresas.

Porém a expectativa é que o percentual de pequenas empresas usuárias de VoIP triplique até 2010 (GREENE, 2006).

Segundo Buonacorso (2006), a grande maioria das empresas que implantam a tecnologia de Voz sobre IP alcança a principal vantagem que é a redução com o custo de telefonia, muitas vezes chegando até em 70%. Porém, ainda existe uma resistência dos usuários que temem pelo novo, e das operadoras de telefonias que temem pela abertura a perda de mercado para este concorrente.

Na hora de decidir pela implantação da telefonia IP, as empresas podem optar por um sistema híbrido ou totalmente IP. O equipamento híbrido ainda tem uma parte proprietária, formada por circuitos e hardware dedicados à voz (TDM). Já os sistemas totalmente IP são baseados num *software* chamado *softswitch*, que roda em computadores comuns. (INFOCORPORATE, 2006, p. 62).

O trabalho irá abordar a implantação da tecnologia VoIP em uma empresa através da implementação da central telefônica VoIP, onde será apresentado um cenário com a atual estrutura de telefonia de uma empresa e de suas filiais, bem como a forma que elas se comunicam interna e externamente. Posteriormente, no Trabalho de Conclusão II, será proposto um novo cenário com a utilização da tecnologia VoIP, sendo que esse novo cenário estará baseado na pesquisa a ser realizada.

Para a implementação da central telefônica VoIP será utilizado o software Asterisk, pois não envolve custos de licenciamento para o seu uso, já que utiliza o conceito de software livre e também pelo grande número de recursos que dispõem, além de possuir uma ampla documentação disponível na Internet e em obras impressas, permitindo uma pesquisa mais profunda.

O Asterisk é um PABX criado pela Digium Inc. e possui um grande número de usuários em todo o mundo e está em constante crescimento. A Digium Inc. investe tanto no desenvolvimento do software Asterisk, quando em *hardware* de telefonia de baixo custo que funciona com ele. O sistema roda em plataforma Linux e outras plataformas Unix, com ou sem hardware conectado a rede pública de telefonia.

O Asterisk é uma tecnologia habilitadora e, da mesma forma que o Linux, será cada vez mais raro se encontrar uma empresa que não esteja executando alguma versão do

Asterisk, de alguma capacidade, em alguma parte da rede, resolvendo algum problema que só ele pode (MEGGELEN et al, 2005, p. 4).

O primeiro capítulo do trabalho descreve a evolução do sistema telefônico, iniciando nos primeiros experimentos realizados por Alexander Graham Bell e seu ajudante Thomas A. Watson, que posteriormente culminaram no desenvolvimento do primeiro aparelho telefônico, até o momento em que teve início a convergência das redes de transmissão de voz e as redes de transmissão de dados.

O segundo capítulo do trabalho faz uma breve abordagem sobre as centrais privadas de telefonia, descrevendo alguns dos benefícios obtidos com a sua utilização, as formas de ligação com a rede de telefonia pública comutada, entre outros.

O terceiro capítulo do trabalho faz uma abordagem sobre a tecnologia VoIP, mostrando a sua evolução, alguns cenários para a sua utilização, as vantagens e as técnicas de codificação e decodificação de sinais de voz.

O quarto capítulo do trabalho descreve tecnicamente os principais protocolos utilizados em VoIP, incluindo os protocolos de sinalização H.323 e SIP e os protocolos de transporte e controle na transmissão de fluxo de dados RTP/RTCP.

O quinto capítulo do trabalho aborda a utilização de QoS em VoIP, apresentando a necessidade de utilização sobre as redes IP e as principais técnicas utilizadas para se implementar QoS sobre essas redes.

O sexto capítulo descreve as principais características sobre o *software* Asterisk, incluindo as vantagens na sua utilização, a arquitetura, os protocolos e Codecs que suporta, algumas funcionalidades e os requisitos de *hardware* e *software* necessários para a sua utilização.

O sétimo e último capítulo do trabalho aborda a implementação de central telefônica VoIP em um ambiente corporativo, sendo realizado o levantamento da estrutura atual das redes de dados e voz de todas as unidades de uma empresa e as necessidades não suportadas pela atual estrutura. Após esse levantamento será criada uma proposta para implantação da tecnologia VoIP e, baseado nessa proposta, será desenvolvido um ambiente de testes. Esse ambiente será necessário para verificar o funcionamento da central telefônica VoIP.

## 1 EVOLUÇÃO DO SISTEMA TELEFÔNICO

No ano de 1875, durante um experimento relacionado a um projeto de sistema de telegrafia, o cientista Alexander Graham Bell e seu ajudante Thomas A. Watson perceberam que o aparato no qual trabalhavam transmitiu um som completamente diferente ao que era esperado. Até então o projeto não tinha nenhum propósito relacionado ao telefone, mas analisando o resultado obtido, Bell percebeu que da forma que parte do equipamento de recepção havia sido montada naquela ocasião, ele conseguira produzir uma corrente elétrica cuja variação acontecia na mesma intensidade que o ar variava de densidade junto ao transmissor.

Através dessa descoberta e de vários refinamentos, em 14 de fevereiro de 1876, Bell submeteu sua patente do telefone descrevendo o aparato como “... o aparelho para transmitir voz e outros sons (...) pelas variações da corrente elétrica, similares às variações do ar, acompanhando cada palavra pronunciada...”. Em 1877, Graham Bell fundaria a primeira companhia Bell de telefonia (COLCHER et al, 2005, p. 2).

Posteriormente, como a necessidade de comunicação da sociedade era muito mais ampla, a utilização da invenção inicial de Bell com linhas diretas e dedicadas entre os usuários já não era mais possível. Para resolver esse problema foi desenvolvido um sistema que permitia a utilização de recursos compartilhados chaveados (ou comutados) entre as diversas conversações, dando origem às primeiras centrais telefônicas e ao termo Rede Telefônica Pública Comutada (RTPC), utilizado até hoje para se referir ao sistema telefônico público em geral.

Para Colcher et al (2005, p. 3), nos

[...] primeiros sistemas telefônicos, o circuito estabelecido entre os interlocutores era feito por uma técnica conhecida como chaveamento físico manual, na qual operadores humanos, nas centrais telefônicas, recebiam pedidos de ligação



(conexão) e eram encarregados de fechar fisicamente (através de cabos e conectores) os circuitos entre o chamador e o chamado, bem como liberar esse circuito após o término da conversação.

Em 1891, Almon B. Strowger desenvolveu e patenteou uma chave seletora automática, que por movimentação de escovas na direção vertical e rotação, fazia a comutação para 100 posições em um banco de contatos em uma superfície cilíndrica. Esse invento foi o ponto de partida para a automatização das centrais comutadoras que se iniciou com as centrais urbanas, posteriormente com as interurbanas e internacionais.

O uso de comutação automática impôs exigências ao aparelho telefônico. Na comutação manual, o usuário informava o número desejado à telefonista. Com a automação foi necessário desenvolver recursos para “informar” a central qual o número desejado. Em 1896, o disco foi incorporado ao telefone com esta finalidade (FERRARI, 2005, p. 34).

A rede de telefônica permaneceu totalmente baseada na tecnologia analógica até a década de 1950, quando em março de 1958 surgiram as primeiras centrais digitais nos laboratórios da Bell.

A convergência entre os sistemas telefônicos e os sistemas computacionais teve início na década de 1950, com a introdução das primeiras centrais telefônicas baseadas em sistemas computacionais, conhecidas como Central de Programa Armazenado (CPA). Diversos benefícios foram obtidos em termos de operação, manutenção e provisão dos serviços de telefonia.

Em 1960, no mesmo momento em que as centrais digitais eram introduzidas no sistema telefônico, os primeiros circuitos para a transmissão de sinais digitais nas linhas entre as centrais começaram a ser introduzidos na rede telefônica. Na década de 1980, o sistema começou a se tornar predominantemente digital, exceto pelas linhas dos assinantes.

Segundo Colcher et al (2005, p. 3), a partir da introdução das CPAs, a

[...] configuração dos equipamentos se tornou, em geral, mais flexível, permitindo a operadores manipular facilmente parâmetros que alteram o funcionamento do equipamento por meio de ferramentas de software. Novas formas mais eficazes de gerenciamento e ferramentas para auxiliar nas tarefas corriqueiras de operação também se tornaram possíveis. Computadores localizados em centros de gerência e operação da rede telefônica passaram a poder receber informações e processá-las com os mais diversos propósitos, desde a emissão das cobranças aos usuários, até a geração de relatórios periódicos sobre o funcionamento e o desempenho geral do sistema. Arquiteturas de gerência surgiram para permitir a operação e o gerenciamento remoto da rede telefônica.

A partir da década de 1980, o sistema telefônico agregou novos serviços tais como, secretária eletrônica, identificador de chamadas entre outros, que permitiram maior conforto e maiores possibilidades de negócios para as operadoras de telecomunicações.

Em 1984 surgiu a RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados), em inglês, ISDN (*Integrated Services Digital Network*). Essa tecnologia foi criada com a finalidade de se implementar serviços de voz, multimídia, telefonia de alta qualidade, fez de alta qualidade, transmissão de dados, entre outros, numa única infra-estrutura de rede. Mas para suprir a crescente demanda por largura de banda surgiu a RDSI-FL (RDSI Faixa Larga), para transmissão de voz, vídeo e dados.

Em 1988, a tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) foi escolhida pela ITU-T (*International Telecommunication Union - Telecom Standardization*) como o padrão técnico destinado a possibilitar a implementação da RDSI-FL. Com a extensão da aplicação de ATM à transmissão de dados, surgiu naturalmente a possibilidade de integração de todas as tecnologias de comunicações, compreendendo voz, vídeo e dados. Por outro lado, com a difusão do protocolo TCP/IP no contexto da Internet, teve início um movimento visando o transporte de voz sobre IP.

Para atender aos requisitos de banda larga dos novos serviços digitais, surgiu a tecnologia *Digital Subscriber Line*, conhecido pela sigla (DSL). Existem algumas variações. A mais popular é a ADSL, que é a DSL assimétrica, com velocidades diferentes de recepção (*downstream*) e transmissão (*upstream*). Basicamente, o usuário transmite comandos e recebe os dados, por isso a velocidade de recepção chega a 6Mbps e a transmissão não passa de 840Kbps. Um aspecto importante dessa tecnologia é que a linha física é utilizada simultaneamente pelo telefone comum e pelo modem ADSL através de um filtro. Outra tecnologia bastante usada é a G-SHDSL com velocidade simétrica, pequeno retardo (*delay*) de modulação e alcança até 3,5Km em linhas de boa qualidade. Novas técnicas estão sendo utilizadas para estabelecer novos padrões. Entre elas destacam-se a ADSL2++ que consegue alcançar as velocidades de até 25Mbps de *downstream* e 6Mbps de *upstream*, com um alcance de até 4km, e também a *Reach DSL (Extended)*, que consegue alcançar a distância de até 10km à velocidade de 2Mbps simétricas. (Tecnologia XDSL, 2003). É importante lembrar que, para atingir essa performance, a linha precisa ser de boa qualidade e com baixo ruído. (REICHERT, 2004, p. 19).

O processo de digitalização permitiu que ocorresse a convergência entre as redes de transmissão voz e as redes de transmissão dados. Para que a rede de dados consiga transmitir voz é necessário utilizar uma tecnologia conhecida como VoIP (*Voice Over Internet Protocol*), que será mostrada com maiores detalhes no capítulo 3.

## 2 CENTRAIS PRIVADAS DE TELEFONIA

A Central Privada de Comutação Telefônica (CPCT), conhecida também pela sigla PABX (*Private Automatic Branch Exchange*), é um equipamento que pode ou não estar interligado a uma central da RTPC e são utilizados basicamente por empresas, governos e condomínios.

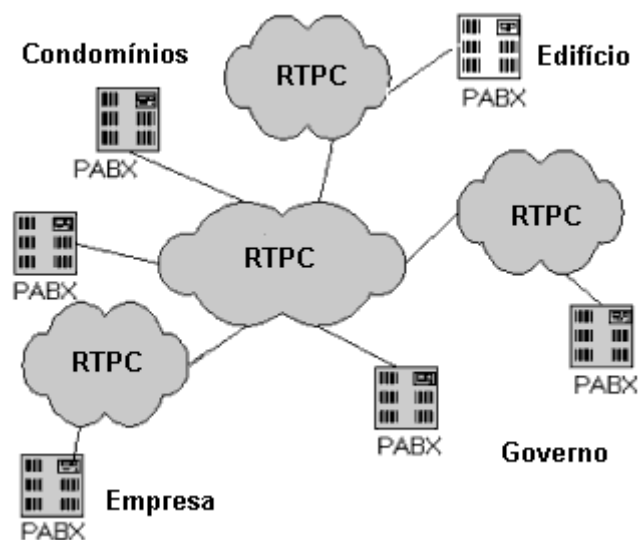


Figura 2.1 – Rede de Telefonia Pública Comutada

Fonte: (PINHEIRO, 2004)

Um PABX se liga à RTPC através de linhas externas (trancos) e possui um número de linhas internas (ramais) sempre em maior quantidade que o número de trancos. A vantagem de se utilizar a central privada é o seu menor custo de operação com relação a utilização da rede pública, por não ocorrer a tarifação das chamadas internas.

Segundo Ferrari (2005, p. 262), um PABX é uma central privada de comunicação telefônica automática, que tem como objetivo interligar ramais, encaminhar chamadas externas para os ramais, dar acesso a rede pública, incorporando funções específicas de sua aplicação aos negócios. Num PABX o tráfego para a rede pública é feito automaticamente, não passando pela telefonista, exceto quando isto não é permitido por normas das empresas.

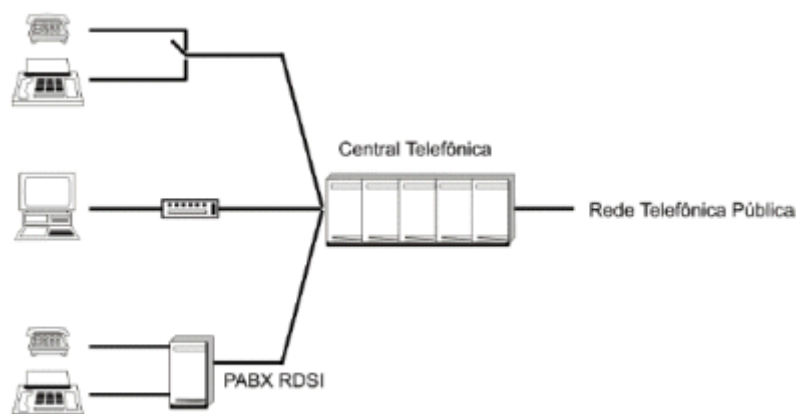


Figura 2.2 – Exemplo de conexão entre PABX e RTPC

Fonte: (PINHEIRO, 2004)

As centrais privadas do tipo PABX podem utilizar tanto a comutação analógica como a digital. Os sinais analógicos de voz são gerados em cada ramal e recebidos pela central onde são quantizados e codificados na forma de informação digital. Nos ramais digitais este processo de digitalização ocorre no próprio terminal do usuário. Após a recepção na central PABX, o sinal digital de cada usuário (canal) é comutado (seleção física de circuito) para uma linha específica, sendo convertido novamente em sinal analógico e encaminhado para a Central Pública, usando-se um par de fios para cada ligação. Um PABX E1, por exemplo, é um equipamento que utiliza linhas digitais baseadas na tecnologia RDSI, permitindo o tráfego dos serviços de dados e voz com muito mais eficiência e qualidade (PINHEIRO, 2004).

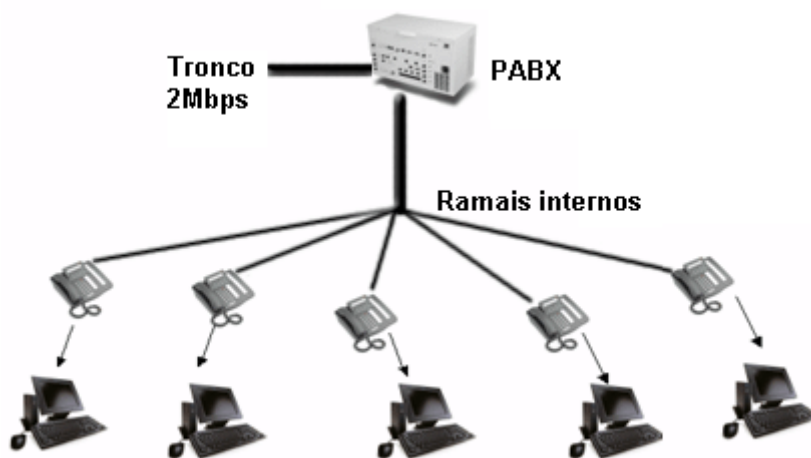


Figura 2.3 – Exemplo de aplicação de PABX digital

Fonte: (PINHEIRO, 2004)

A tecnologia digital vem substituindo gradativamente a tecnologia analógica, graças a vantagens oferecidas, como (PINHEIRO, 2004):

*Armazenamento de voz* - Convertendo a voz para forma digital, é possível armazená-la em um disco ou na memória do sistema. Isso permite uma grande facilidade e rapidez para correio de voz, entre outros.

*Maior capacidade* - Com sinais digitais, um único tronco de 2Mbps (E1<sup>1</sup>) pode transmitir 32 canais de voz simultaneamente, gerando uma economia de linhas no sistema.

*Redução de custo e maior confiabilidade* - Com tecnologia digital, o consumo de energia é menor, além da redução do espaço físico necessário. Além disso, os circuitos digitais possuem maior confiabilidade e imunidade a ruídos.

*Qualidade do sinal em maiores distâncias* - Quando o sinal digital necessita ser amplificado porque sofreu atenuação, o ruído pode ser eliminado, pois há uma regeneração do sinal, já que ele é digital e pode ser totalmente recuperado. Isso elimina o ruído até aquele ponto da transmissão.

*Uso do mesmo meio físico para várias informações* - Com sinais digitais, é possível transmitir voz, dados, imagens, música, e assim por diante através do mesmo meio físico.

*Impossibilidade de cruzamento de sinais* - Como a comutação é digital, não existem enlaces físicos e não é possível haver cruzamentos indesejáveis entre ramais e entre troncos no sistema. Assim, esse tipo de preocupação não existe na tecnologia digital.

---

<sup>1</sup> Padrão europeu de linha telefônica digital criado pela ITU-T e o nome determinado pela Conferência Européia Postal de Telecomunicação (CEPT), sendo também o padrão utilizado no Brasil.

### 3 VOIP

VoIP (*Voice over Internet Protocol*) é uma tecnologia que viabiliza a comunicação telefônica utilizando as redes IP como meio de transmissão da voz. Em português também é conhecida por Voz sobre IP. A tecnologia VoIP, basicamente, converte sinal de voz (analógico) através da quebra da conversação em pacotes de dados (formato digital) e os transmite através das redes IP.

Ao contrário das redes de telefônicas que tradicionalmente utilizam uma infraestrutura baseada no conceito de comutação de circuitos, que pressupõe o estabelecimento de um caminho dedicado durante todo o período de comunicação entre dois pontos, a tecnologia VoIP utiliza o conceito de comutação de pacotes, onde não há a necessidade de um caminho previamente estabelecimento e onde os pacotes são individualmente encaminhados entre nós da rede através de ligações de dados tipicamente compartilhadas por outros nós.

VoIP é muitas vezes confundida com Telefonia IP. Para Colcher et al (2005, p. 9), a Telefonia IP é também frequentemente mencionada como a extensão do serviço de comunicação vocálica propiciada por tecnologias de VoIP até o equipamento do usuário final e sua consequente possibilidade de integração com outros serviços típicos da Internet, como WEB, correio eletrônico e outros. Sob esse prisma, a telefonia IP é vista não só como capaz de estabelecer chamadas telefônicas e outras facilidades típicas de sistemas telefônicos convencionais – redirecionamento e retenção de chamadas, por exemplo -, mas também como uma plataforma de integração de serviços.

#### 3.1 Evolução

A tecnologia de VoIP surgiu em 1995 em Israel, quando um grupo interessado no assunto desenvolveu um sistema que permitia transportar amostras de voz entre computadores

persoais através da troca de pacotes IP. A qualidade do sistema era muito ruim, mas foi considerado o ponto de partida para que outros pesquisadores se interessassem pelo assunto (US PHONE BRASIL, 2005).

Ainda no mesmo ano, uma empresa chamada VocalTec Communications disponibilizou no mercado o *Internet Phone*, primeiro software dedicado à comunicação por VoIP. Esse software foi o precursor dos *softfones*, sendo que atualmente um dos mais populares é o Skype.

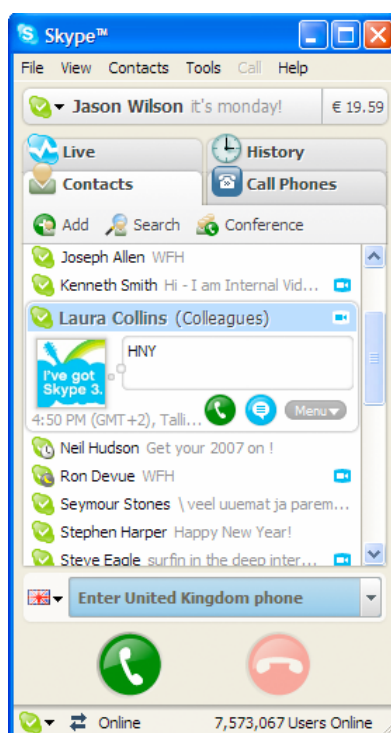


Figura 3.1 – Tela do *software* Skype  
Fonte: (SKYPE, 2007)

Por volta de 1998, a tecnologia VoIP obteve um progresso considerável com a chegada dos primeiros *Gateways* de voz, equipamentos capazes de interligar aparelhos telefônicos convencionais ou centrais telefônicas de empresas (PABX) à rede de dados para comunicação entre estes sistemas com sistemas VoIP.

Segundo Colcher et al (2005, p. 8), ao final da década de 1990, com o aumento nas taxas de transmissão na Internet e com o início da produção de equipamentos específicos para VoIP (*gateways*, adaptadores, telefones IP), a preços competitivos, por fabricantes de grande porte, propiciou uma melhoria abrupta na qualidade de comunicação dessa tecnologia. Nesse mesmo período surgiram os primeiros padrões relacionados a VoIP, tanto por parte do ITU (*International Telecommunication Union*), quanto por parte do IETF (*Internet Engineering Task Force*), quanto por parte de ambos, conjuntamente.



Figura 3.2 – Equipamentos especializados para VoIP (*Gateway*, *ATA* e *Telefone IP*)

Fonte: (GOOGLE, 2007)

A partir do ano 2000, o serviço de VoIP teve sua entrada definitiva no mercado corporativo, tendo atualmente provedores dos mais variados tipos, que também oferecem serviços de telefonia sobre as mais diversas infra-estruturas, entre elas, DSL (*Digital Subscriber Line*), *cable modem* e WiFi (*Wireless Fidelity*), todas sobrepostas pelo IP.

### 3.2 Cenários de utilização da tecnologia VoIP

Segundo Colcher et al (2005, p. 146), os cenários para conversação através da tecnologia VoIP são os seguintes:

*VoIP de terminal IP para terminal IP* – Neste cenário, os interlocutores usam equipamentos dotados de *codecs* de áudio e interfaces ligadas a uma rede IP em suas conversações. Esses equipamentos, genericamente denominados terminais ou agentes de usuário, podem ser dos mais variados tipos.

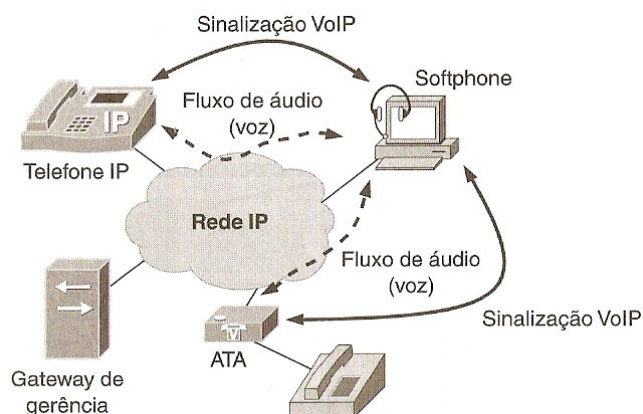


Figura 3.4 – Comunicação de voz de terminal IP para terminal IP

Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 147)

*VoIP de terminal IP para telefone* – Neste cenário, a integração entre RTCC (Rede Telefônica Comutada por Circuito) e serviços conversacionais de VoIP envolve o uso de dois componentes adicionais, chamados *gateways* de voz e *gateways* de sinalização. A figura 3.5 representa a sinalização telefônica como sendo passada diretamente ao *gateway* de sinalização, mas na prática é comum que durante o estabelecimento de uma chamada



telefônica a sinalização passe pelas mesmas centrais telefônicas a serem usadas pela chamada. Isso se reflete nos cenários de integração com serviços de VoIP por meio do repasse indireto da sinalização telefônica ao *gateway* de voz.

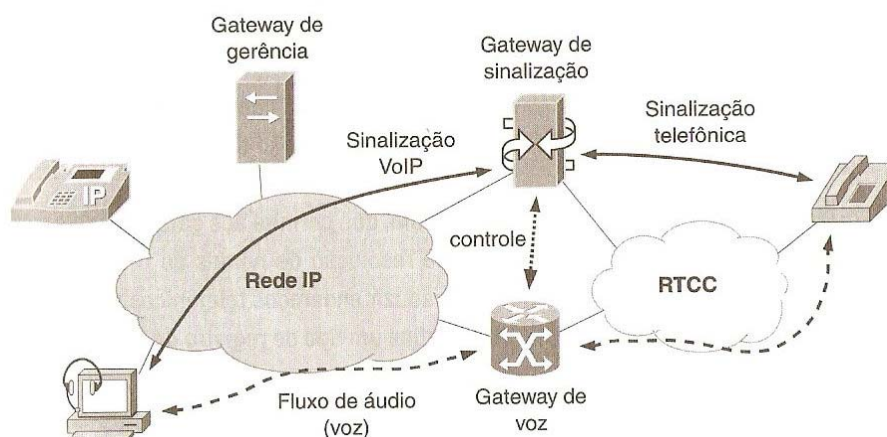


Figura 3.5 – Comunicação de voz de terminal IP para telefone

Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 149)

*VoIP de telefone para telefone* – Este cenário se apresenta como um caso misto dos dois cenários anteriores, em que *gateways* de voz e de sinalização permitem que RTCCs distintas utilizem redes IP para se interligarem. Esse cenário ocorre tipicamente, mas não somente, em instituições e empresas que possuem instalações geograficamente dispersas, em que cada instalação possui uma CPCT própria, e a ligação entre as instalações é provida por uma rede IP.

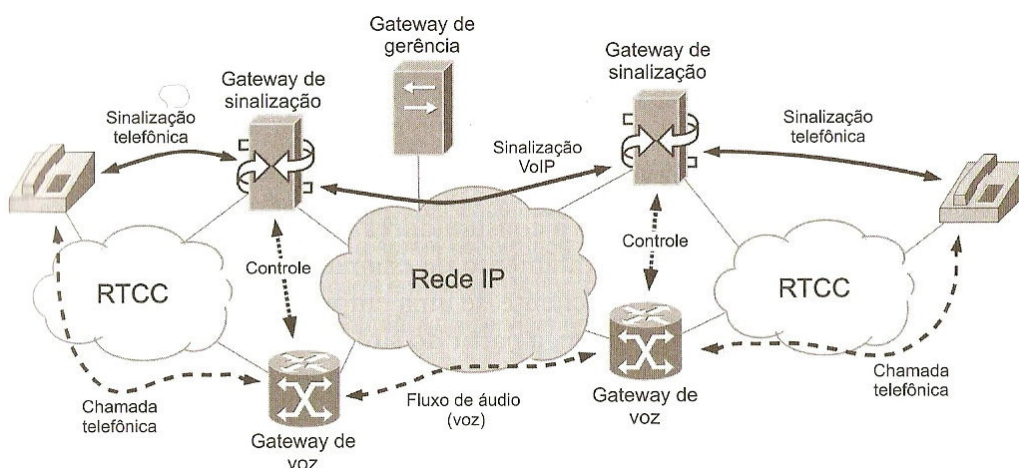


Figura 3.6 – Comunicação de voz de telefone para telefone usando redes IP

Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 151)

### 3.3 Vantagens na Utilização de VoIP

O uso da tecnologia VoIP traz algumas vantagens. A implementação de VoIP nas empresas cria ilhas de rede de voz sobre IP. As localidades distantes são interconectadas com

uma rede IP corporativa pela qual a voz é transmitida. Para se comunicar com a RTPC é necessário que em alguma das localidades seja instalado um *gateway* que transforma os padrões de uma rede para os da outra (REICHERT apud ZAHORUJKO et al, 2000). A área empresarial está utilizando cada vez mais a tecnologia VoIP basicamente pelos seguintes motivos (REICHERT, 2004, p. 23):

- Redução do custo mensal com a agregação de voz e dados na mesma rede que é menor que a soma dos custos individuais de cada uma;
- Redução dos custos de operação pela integração dos serviços em uma equipe que mantém os dois serviços;
- Diminuição da necessidade de facilidades PABX;
- Integração das redes de voz das diversas localidades da empresa.

Outra área que pode se beneficiar com a VoIP é o segmento das operadoras de telefonia de longa distância através da implantação de rede de pacotes privada para cursar o tráfego de voz, substituindo os meios tradicionais em que é alocada uma banda fixa durante todo o intervalo da ligação. As principais vantagens desse segmento são (REICHERT, 2004, p. 24):

- Maior número de ligações por ocupação de banda;
- Redução nos custos de ligações de longa distância, que aumenta o lucro.

Enfim, os usuários residenciais só terão vantagens quando for implantada a Telefonia IP, com um aparelho IP que possa explorar todas as potencialidades que a integração entre dados e voz pode oferecer. O primeiro desafio será conseguir oferecer serviços adicionais a preços compatíveis. Pela situação de competição entre operadoras, a oferta de novas funcionalidades sem ônus será um diferencial capaz de atrair qualquer tipo de consumidor.

### **3.4 Codificação de Sinais de Voz**

Para Alves (2004, p. 4), quando desejamos transmitir voz através de uma rede telefônica, temos que transformá-la em um sinal elétrico, também analógico. Na telefonia convencional esta função é realizada pela cápsula receptora do aparelho telefônico. Se, ao

invés de utilizarmos a telefonia convencional, desejarmos transmitir a voz através de uma rede de computadores, cujo meio de transmissão é digital, devemos, antes de enviar, transformá-la em um sinal digital.

A conversão analógico/digital consiste no processo de se representar um sinal com precisão infinita originalmente na forma analógica como o sinal elétrico produzido por um microfone, por um conjunto finito de números a uma taxa de amostragem constante. Esse procedimento simples é essencial para se permitir análise computacional, redução na taxa de bits, armazenamento e transmissão digital de qualquer sinal de fala ou som. Existem alguns fatores importantes que influenciam na qualidade de voz sintetizada (HERSENT et al, 2002, p. 224):

- A taxa de amostragem;
- O número de representações diferentes (número de bits) usado para codificar o sinal.

A conversão do sinal analógico em sinal digital pode ser feita por três processos básicos, modulação PAM (*Pulse Amplitude Modulation* - Modulação em Amplitude de Pulso), Quantização e PCM (*Pulse Code Modulation* - Modulação em Código de Pulso) (ALVES, 2004, p. 5):

**Modulação PAM** – É a transformação do sinal analógico em um trem de pulsos onde a amplitude do pulso é diretamente proporcional à amplitude instantânea do sinal amostrado. É utilizada como modulação secundária no processo de digitalização. O processo de amostragem transforma o sinal analógico em digital a uma taxa mínima de 2x a frequência máxima do sinal. Na modulação PAM esta taxa é de 8 KHz, codificada em 8 bits. A taxa total de amostras é de 64 Kbits.

**Quantização** – É o processo de tornar o sinal modulado em PAM, dentro de níveis pré-estabelecidos de tensão chamados de valores de decisão. Quando um pulso está acima de um nível de decisão, ele é aproximado para o nível superior imediato. Quando está abaixo da linha de decisão, ele é aproximado para o nível inferior imediato. Durante o processo de quantização do sinal podem ocorrer erros. Uma técnica de diminuir os erros é fazendo a compressão dos sinais, evitando-se distorções.

**PCM** – É a técnica de relacionarmos cada nível de decisão de um sinal modulado tipo PAM, a um código binário de 8 bits. O sinal resultante será uma cadeia de “zeros” e “uns”. Este sinal está pronto para trafegar em uma rede LAN (*Local Area Network* - Rede Local) ou WAN (*Wide Area Network* - Rede Geograficamente Distribuída), faltando apenas codificá-lo.

### 3.5 Codecs

Nos sistema de transmissão de Voz sobre IP, onde a demanda por banda é crítica, torna-se necessário utilizar também algoritmos de compressão do sinal de Voz. Esses algoritmos têm papel relevante pela economia de banda que proporcionam. O seu uso tem sido possível graças ao desenvolvimento dos Processadores de Sinais Digitais (DSP - *Digital Signal Processor*), cuja capacidade de processamento tem crescido vertiginosamente (TELECO, 2007).

Estas necessidades incentivaram o desenvolvimento de tecnologias mais complexas para a digitalização e compressão de Voz. Segundo Meggelen et al (2005, p. 114), os Codecs são geralmente entendidos como sendo vários modelos matemáticos utilizados para digitalmente codificar (e compactar) informações analógicas de áudio. Originalmente, o termo CODEC refere-se a um Codificador/DECodificador, sendo um dispositivo que converte entre analógico e digital. Agora, o termo parece se relacionar mais a Compressão/DEsCompressão.

Os principais codificadores de voz padronizados para a arquitetura VoIP são (HARFF, 2006, p. 35):

*G.711* – Utiliza a técnica PCM para digitalização do sinal de voz. A taxa de transmissão é de 64kbps. O G.711 é um padrão reconhecido internacionalmente, largamente utilizado na conversão de sinais de voz analógicos para transmissão em redes digitais;

*G.722* – Utiliza uma variante da técnica ADPCM (*Adaptative Differencial Pulse Code Modulation*), denominada SB-ADPCM (*Sub Band Adaptative Differencial Pulse Code Modulation*). É utilizado nos canais B (64kbps) da RDSI para transmissão de sinais de áudio de média qualidade. O atraso gerado na codificação é pequeno, cerca de 5ms;

*G.723.1* - O padrão ITU-T G.723.1 (uma combinação de G.721+G.723) produz níveis de compressão digital de voz de 10:1 e 12:1, operando respectivamente a 6.3 kbps e 5.3

kbps, com maior qualidade para a taxa mais alta. A característica de largura de faixa reduzida é ideal para telefonia pela Internet em tempo real e para aplicações sobre linhas telefônicas convencionais. O G.723.1 se tornou um padrão emergente para a interoperabilidade da transmissão de voz entre plataformas distintas. Testes demonstraram uma qualidade equivalente à qualidade comercial (toll quality) dos serviços de telefonia convencional com apenas 1/10 de largura de faixa utilizada pelos sistemas PCM atuais;

*G.729* – Utiliza a técnica de codificação denominada CS-ACELP (*Conjugate Structure Algebraic Codebook Excited Linear Prediction*) para codificar um sinal analógico na faixa de voz em um sinal digital de 8 Kbps. Uma versão mais enxuta do padrão G.729 pode ser encontrada no padrão G.729a. Este é compatível com o G.729 em termos de taxa de bits e de atraso. Por esse bom desempenho com pouca exigência de capacidade de processamento, a técnica G.729a tem sido muito utilizada nos sistemas comerciais de VoIP.

*Speex* – Possui uma taxa de bits variável, o que significa que possibilita a modificação dinâmica da taxa de bits, podendo variar de 2,15 a 44,2 kbps para responder às condições da rede. É baseado em CELP (*Codebook Excited Linear Prediction*), possuindo suporte à detecção de voz. O Speex é um Codec totalmente livre.

*iLBC* - Utiliza algoritmo de predição linear (LPC - *Linear Predictive Coding*), fornecendo um atrativo baixo uso de largura de banda e qualidade. Devido ao fato de utilizar algoritmos complexos para obter seu alto nível de compressão, possui um custo elevado de processamento, apresentando qualidade de voz melhor que o Codec G.729, semelhante necessidade consumo de processamento e grande robustez quanto à perda de pacotes. Esse Codec opera a 13,3 kbps (quadro de 30ms) e 15,2 (quadro de 20ms), sendo de utilização livre, porém a dona da patente, *Global IP Sound*, requisita ser informada sempre que o Codec for utilizado em uma aplicação comercial.

A tabela 3.1 apresenta resumidamente os principais Codecs para voz.

Tabela 3.1 – Codecs para voz.

<b>PADRÃO</b>	<b>ALGORITMO</b>	<b>TAXA DE COMPRESSÃO</b>	<b>RECURSOS DE PROCESSAMENTO NECESSÁRIOS</b>	<b>QUALIDADE DE VOZ RESULTANTE</b>	<b>ATRASO ADICIONADO</b>
G.711	PCM	48, 56, 64 (sem compressão)	Nenhum	Excelente	Nenhum
G.722	SBC/ADPCM	64 (faixa passante de 50 a 7 KHz)	Moderado	Excelente	Alto
G.723.1	MP-MLQ ou ACELP	5.3, 6.3	Moderado	Boa (6.3) Moderada (5.3)	Alto
G.726	ADPCM	16, 24, 32, 40	Baixo	Boa (40) Moderada (24)	Muito Baixo
G.728	LD-CELP	16	Muito Alto	Boa	Baixo
G.729	CS-ACELP	8	Alto	Boa	Baixo
Speex	CELP	2.15 a 44.2	N/D	Variável	Variável
iLBC	LPC	13.33 ou 15.2	Alto	Boa	Alto

Fonte: (HARFF, 2006, p. 34).

## 4 PROTOCOLOS VOIP

Os protocolos utilizado em VoIP podem ser divididos em duas categorias: os protocolos de transporte e os protocolos de sinalização. Nesse capítulo serão tratados os protocolos de transporte RTP/RTCP e de sinalização H.323 e SIP.

### 4.1 RTP/RTCP

O RTP (*Real-Time Transport Protocol* – Protocolo de Transporte em Tempo Real) é um protocolo de transporte de rede fim a fim direcionadas para aplicações que transmitem fluxo de dados em tempo real, como áudio, vídeo e dados de simulações, através de serviços de redes *unicast*<sup>2</sup> e *multicast*<sup>3</sup> (COLCHER et al, 2005, p. 140). Foi projetado para permitir que os receptores compensem o *jitter*<sup>4</sup> e a perda de sequência dos pacotes introduzidos pelas redes (HERSENT et al, 2002, p. 10).

O RTP comumente roda sobre o UDP. O lado remetente encapsula uma porção de mídia dentro de um pacote RTP, em seguida encapsula o pacote em um segmento UDP, e então passa o segmento para o IP. O lado receptor extrai o pacto RTP do segmento UDP, em seguida extrai a porção de mídia do pacote RTP e então passa a porção para o transdutor para decodificação e apresentação. (KUROSE; ROSS, 2005, p. 465).

O RTP não trata da reserva de recursos e não garante a qualidade de serviço (QoS - *Quality of Service*) para serviços de tempo real, mas atribui esses requisitos para serviços tais como os oferecidos pelas arquiteturas IntServ e DiffServ, que serão tratadas no capítulo 5.

---

<sup>2</sup> *Unicast* é quando um endereçamento para um pacote é feito a um único destino, ou seja, em comparação com o *multicast*, a entrega no *unicast* é simples, ponto-a-ponto.

<sup>3</sup> *Multicast* é a entrega de informação para múltiplos destinatários simultaneamente usando a estratégia mais eficiente, onde as mensagens só passam por um *link* uma única vez e somente são duplicadas quando o *link* para os destinatários se divide em duas direções.

<sup>4</sup> *Jitter* é uma variação estatística do retardo na entrega de dados em uma rede, ou seja, pode ser definida como a medida de variação do atraso entre os pacotes sucessivos de dados.

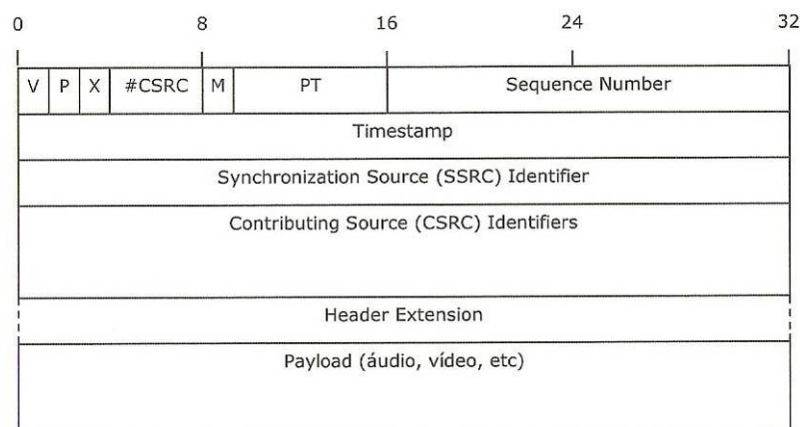


Figura 4.1 – Formato do pacote RTP

Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 143)

A figura 4.1 apresenta o formato do pacote RTP. Os doze primeiros octetos estão presentes em todos os pacotes de um fluxo de dados de uma sessão RTP, enquanto a lista de identificadores CSRC (*Contributing Source*) só se encontra presente quando inserida por *mixers*. Cada um dos campos é descrito a seguir (COLCHER et al, 2005, p. 142):

- *V (Version)*: versão do RTP;
- *P (Padding)*: indica a presença ou não de preenchimento das posições finais do pacote com um ou mais bytes que não fazem parte da carga (Pay-load);
- *X (Extension)*: indica a presença ou não de extensão de cabeçalho (Header Extensions);
- *CC (CSRC Counter)*: contador do número de identificadores CSRC após o cabeçalho fixo;
- *M (Marker Bit)*: delimita o conjunto de dados relacionados (por exemplo, o início de uma rajada de áudio ou o fim de um quadro de vídeo);
- *PT (Payload Type)*: indica o formato da carga do RTP e determina sua interpretação pela aplicação;
- *Sequence Number*: incrementado em um para cada pacote RTP, e pode ser utilizado pelo receptor para detectar a perda de pacote ou restaurar a própria sequência;
- *Timestamp*: utilizado pelo receptor para sincronização e cálculo do *jitter*.



- *SSRC (Synchronization Source) Identifiers*: valor utilizado para identificar um fluxo específico em uma sessão RTP. Esse campo é necessário para o receptor poder agrupar pacotes com o mesmo SSRC para reprodução.
- *CSRC (Contributing Source) Identifiers*: lista de identificadores CSRC inseridos por mixers.

Segundo Hersent et al (2002, p. 14), o RTCP (*RTP Control Protocol* – Protocolo de Controle em Tempo Real) é usado para transmitir aos participantes, de tempos em tempos, pacotes de controle relativos a uma sessão RTP em particular. Esses pacotes de controle podem incluir informações a respeito dos participantes e informações sobre o mapeamento dos participantes em suas fontes de fluxo individuais.

Friedman et al (2003) definiu a incorporação do pacote XR (*Extended Report*) ao RTCP, criando o RTCP XR (*RTP Control Protocol Extended Reports*). Os pacotes XR são compostos por blocos de informação, e sete tipos de blocos são definidos inicialmente no RTCP XR. O propósito é complementar as seis estatísticas contidas nos blocos informativos usados pelos pacotes do *Sender Report* e *Receiver Report* do RTCP.

O RTCP desempenha quatro funções principais:

- Prover informação a respeito da qualidade da distribuição dos dados de um fluxo.
- Transportar um identificador de nível de transporte persistente para um transmissor em uma sessão RTP, chamado nome canônico (*canonical name* ou CNAME).
- As funções anteriores requerem que todos os participantes enviem pacotes periodicamente, assim, a taxa de envio dos mesmos deve ser controlada para que o RTP possa ser escalável para um grande número de participantes.
- Transportar informações mínimas de controle de sessão, como, por exemplo, a identificação do participante que deve ser apresentada na interface do usuário.

A lista a seguir apresenta os tipos de informação que são gerados pelo RTCP (COLCHER et al, 2005, p. 144):

- *SR (Sender Report)*: para estatísticas de transmissão e recepção de participantes que são transmissores ativos em uma sessão.
- *RR (Receiver Report)*: para estatísticas de recepção de participantes que não são transmissores ativos em uma sessão.
- *SDES (Source Description)*: itens que descrevem um transmissor em uma sessão, como o CNAME.
- *BYE*: para indicar fim de participação de uma aplicação em uma sessão.
- *APP*: para funções específicas da aplicação.

## 4.2 H.323

A recomendação H.323 foi definida pelo ITU-T com a finalidade de padronizar a transmissão de dados em sistemas de conferência audiovisual por meio de redes comutadas por pacotes. Nessa recomendação são definidos os componentes presentes em um sistema H.323 e os fluxos de informação previstos entre esses componentes, bem como os protocolos usados no transporte desses fluxos.

Os protocolos referenciados na recomendação H.323 operam nos níveis de sessão, apresentação e aplicação do modelo OSI<sup>5</sup> (*Open Systems Interconnection*), necessitando, portanto, que a rede comutada por pacotes em uso ofereça serviços de entrega fim a fim de nível de transporte (COLCHER et al, 2005, p. 157).

Segundo Kurose e Ross (2005, p. 477), o padrão H.323 é uma especificação guarda-chuva que inclui as seguintes especificações:

- Uma especificação para o modo como os terminais negociam codificações comuns de áudio/vídeo. Como o H.323 suporta uma variedade de padrões de codificação de áudio e vídeo, é preciso um protocolo para permitir que os terminais comunicantes cheguem a um acordo quanto a uma codificação comum.

---

<sup>5</sup> Modelo de referência para permitir a comunicação entre máquinas heterogêneas e que serve de base para qualquer tipo de rede, seja de curta, média ou longa distância.

- Uma especificação para o modo como porções de áudio e vídeo são encapsuladas e enviadas à rede. Em particular, para essa finalidade o H.323 impõe o RTP.
- Uma especificação para o modo como os terminais se comunicam com seus respectivos *gatekeepers*.
- Uma especificação para o modo como telefones por Internet se comunicam por meio do *gateway* com os telefones comuns da rede pública de telefonia por comutação de circuitos.

#### 4.2.1 Componentes da Arquitetura H.323

Os quatro componentes principais de um sistema baseado na H.323 são:

*Terminal* – É um componente que provê comunicação em tempo real e em duas direções com outro terminal, *gateway* ou MCU (*Multipoint Control Unit*). Pode ser, por exemplo, um telefone IP ou um microcomputador com recursos multimídia executando uma aplicação específica para comunicação de voz.

*Gateway* – É um componente opcional em um sistema H.323, mas são necessários quando se deseja estabelecer uma comunicação entre terminais em diferentes tipos de rede. As principais aplicações dos *gateways* na telefonia IP são de garantir a interoperabilidade com terminais da RTPC analógicos, com terminais remotos H.320 através de redes baseadas em RDSI e com terminais remotos H.323 através de redes baseadas em PSDN (*Public Switched Data Network*).

*Gatekeeper* – Também é um componente opcional em um sistema H.323, mas sua utilização permite o controle centralizado do sistema, uma vez que, na presença dele, todos os pontos finais devem ser registrados nele. Entre as principais funções de um *gatekeeper* estão a tradução de endereços, o controle de admissões, controle de largura de banda e gerenciamento de zona.

*Multipoint Control Unit* – Uma MCU é outro componente opcional de um sistema H.323 que permite o estabelecimento de conferência entre três ou mais pontos finais. Ela consiste em um MC (*Multipoint Controller*), que centraliza o processo de estabelecimento de

chamadas multiponto, e de zero ou mais MPs (*Multipoint Processors*), que são responsáveis pelo encaminhamento de fluxos de áudio, vídeo e dados textuais entre os pontos finais de uma conferência multiponto.

A figura 4.2 ilustra a organização lógica de um sistema baseado na H.323.

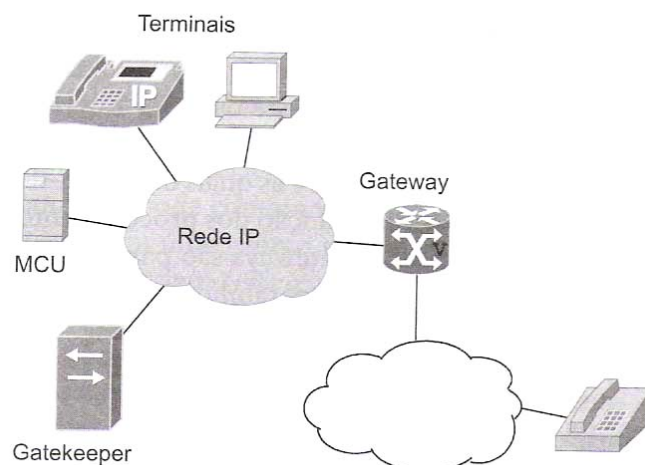


Figura 4.2 – Componentes de um sistema H.323

Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 159)

#### 4.2.2 Pilha de Protocolos H.323

O departamento de telecomunicações do ITU, o ITU-T, define que o padrão H.323 é um conjunto de protocolos necessários pra que haja sinalização e controle de comunicações entre terminais H.323. Portanto fazem parte dessa recomendação os seguintes protocolos (VOLTAN J., 2005, p. 24):

*H.225.0 (Q.931 – procedimento de sinalização de comunicação entre os terminais das redes RDSI)* - é o protocolo de sinalização de chamadas e encapsulamento de fluxo de dados multimídia para sistemas de comunicação baseada em pacotes. Define o método para o estabelecimento de chamadas H.323. A terminologia H.225.0 (Q.931) é usada devido à eficiência que o padrão Q.931 tem em estabelecer chamadas e o desejo do padrão H.225 se tornar compatível com essas redes. As principais funções do padrão H.225.0 são:

- *Sinalização de chamadas*: Sob o canal de sinalização de chamadas (redes TCP<sup>6</sup>/IP) trafegam várias mensagens sob o formato da recomendação Q.931,

<sup>6</sup> Protocolo responsável por verificar o envio correto dos pacotes de dados, na sequência apropriada e sem erros.

estas tem como objetivo sinalizar (iniciar e terminar) chamadas e trafegam entre os equipamentos (terminais H.323 e GK, ou entre GKs) que fazem parte da comunicação. Se a rede não possuir um gatekeeper estas mensagens são passadas ponto-a-ponto usando o endereçamento de sinalização da chamada, já nas redes que possuem o *gatekeeper*, as mensagens são trocadas entre o terminal chamador e o *gatekeeper*, utilizando mensagens de endereçamento RAS (*Register, Admission and Status*).

- *Controle de conferência e equipamentos na rede*: Esta fase é realizada após a sinalização da chamada e são utilizadas mensagens do tipo RAS responsáveis pelo registro, admissão e status dos equipamentos da rede, estas mensagens definem o controle da rede e tem suporte aos pacotes UDP<sup>7</sup>/IP.
- *Comunicação entre Gatekeepers*: São mensagens utilizadas na comunicação entre GKs, para estabelecer o processo de sinalização e controle entre zonas distintas.
- *Transporte de mídia*: Para este evento utilizam-se os protocolos RTP e o RTCP, para o transporte de voz.

*H.245 (Control Protocol for Multimedia Communication – Protocolo de Controle para Comunicações Multimídia)* - é o protocolo que fornece os padrões para o controle do transporte da voz entre as chamadas entre terminais. Estas mensagens têm suporte a TCP/IP e são enviadas entre Gateways e MCUs, de chamadas ponto-a-ponto ou ponto-multiponto. Este protocolo é utilizado depois do estabelecimento da chamada. O H.245 tem a capacidade de se adaptar às mudanças que ocorrem na rede, como por exemplo: alterações na disponibilidade da rede e/ou capacidades dos elementos H.323, isso se deve a negociação dinâmica que ocorre entre terminais, que negociam vários aspectos da comunicação como, por exemplo: formato de imagens e áudio, codecs e taxa de transmissão. O controle é feito através do canal lógico 0 (zero) que fica sempre aberto.

No estabelecimento de uma sessão básica o H.323 utiliza três protocolos de controle, o H.225.0 RAS, o H.225.0/Q931 e o H.245.

---

<sup>7</sup> Protocolo de transporte não orientado a conexão que não garante a entrega apropriada dos pacotes de dados ao seu destino.

*H.235 (Security and Encryption for H-Series (H.323 and other H.245-based) Multimedia Terminals* – Segurança e criptografia para terminais multimídia da série H). É uma recomendação que fornece os padrões para autenticação e segurança entre comunicações ponto-a-ponto e multiponto. Esta recomendação é necessária para o estabelecimento de serviços de segurança no padrão H.323, como por exemplo: serviços de privacidade, autenticação, não repudição e integridade. Para que isto aconteça o H.235 implementa técnicas de criptografia.

*H.450.X (Generic Functional Protocol for the Support of Supplementary Services* – Protocolo de Funcionamento Genérico para o Suporte de Serviços Suplementares). Este protocolo fornece os padrões de sinalização para os serviços suplementares (comuns aos sistemas telefônicos atuais) para terminais, como por exemplo: atendimento simultâneo, identificação de chamadas e etc. Cada suplemento fornecido pelo protocolo H.450 é identificado através de um número inserido ao final da identificação do próprio protocolo H.450, como por exemplo: H.450.2 define o serviço adicional de transferência de chamada (*call transfer*).

A figura 4.3 ilustra a pilha de protocolos H.323.

Audio e Video applications	Terminal Control and Management					Data applications
G.7xx	RTCP	H.225.0 RAS		H.450.x	H.245 Media control	T.124
H.26x				Suppl. services		
RTP				H.225.0 Call control		T.125
UDP			TCP			T.123
Network Layer (IP)						
Link and Physical Layer						

Figura 4.3 - Pilha de protocolos H.323  
Fonte: (DAVID, 2003, p. 22)

### 4.2.3 Estabelecimento de Chamadas H.323

A Figura 4.4 ilustra o estabelecimento de uma chamada em um sistema H.323 onde os dois dispositivos terminais estão registrados no mesmo *Gatekeeper*, e utiliza-se o método

direto para o roteamento do canal de sinalização da chamada (mensagens H.225) e para o roteamento do canal de controle (mensagens H.245). A descrição dos métodos de roteamento possíveis será feita no item 2.4.5. As seguintes etapas são identificadas (BRITO, 2005, p. 29):

1. Dispositivo terminal T1 envia uma requisição de admissão (ARQ) ao *Gatekeeper*. O método de sinalização de chamada requisitado por T1 é o direto.

2. O *Gatekeeper* confirma a admissão de T1 através da mensagem ACF e confirma o método de sinalização solicitado. O *Gatekeeper* pode retornar o endereço de transporte do canal de sinalização de chamada do dispositivo terminal T2 na mensagem ACF.

3. T1 envia uma mensagem de setup à T2, usando o endereço de transporte fornecido pelo *Gatekeeper*.

4. T2 responde com uma mensagem de prosseguimento de chamada.

5. T2 envia uma requisição de admissão ao *Gatekeeper* (ARQ) no canal RAS.

6. O *Gatekeeper* confirma o registro enviando a mensagem ACF.

7. T2 alerta T1 do estabelecimento da conexão enviando uma mensagem *alerting*.

8. T2 confirma o estabelecimento da conexão enviando a mensagem *connect*. A mensagem *connect* contém o endereço de transporte do canal de controle H.245, que será utilizado para a sinalização H.245.

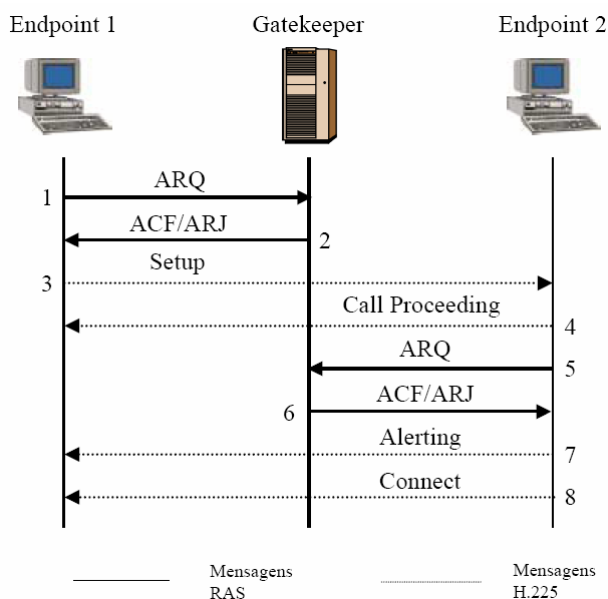


Figura 4.4 – Estabelecimento de chamada H.323

Fonte: (BRITO, 2005, p. 30)

O processo continua com o fluxo de sinalização de controle H.323, que utiliza mensagens H.245. A Figura 4.5 ilustra a troca de mensagens H.245 para o estabelecimento do canal de mídia entre T1 e T2. Os seguintes passos, em continuidade aos 8 anteriores, são identificados:

9. O canal de controle H.245 é estabelecido entre T1 e T2. T1 envia uma mensagem *Terminal Capability Set* para T2, iniciando a troca de informação entre T1 e T2 sobre suas capacidades.

10. T2 envia uma mensagem de reconhecimento da capacidade de T1 enviando uma mensagem *Terminal Capability Set Ack*.

11. T2 informa sua capacidade para T1 enviando a mensagem *Terminal Capability Set*.

12. T1 reconhece através da mensagem *Terminal Capability Set Ack*.

13. T1 abre um canal (*media channel*) com T2 enviando a mensagem *Open Logical Channel*. O endereço de transporte do canal RTCP é incluído na mensagem.

14. T2 reconhece o estabelecimento de um canal lógico unidirecional de T1 para T2, enviando a mensagem *Open Logical Channel Ack*. Incluído nesta mensagem estão o endereço de transporte RTP alocado por T2, a ser utilizado por T1 para o envio dos fluxos de áudio (e/ou vídeo) RTP, e o endereço RTCP recebido de T1.

15. T2 abre um canal (*media channel*) com T1 enviando a mensagem *Open Logical Channel*. O endereço de transporte do canal RTCP é incluído nesta mensagem.

16. T1 reconhece o estabelecimento de um canal lógico unidirecional de T2 para T1, enviando a mensagem *Open Logical Channel Ack*. Incluído nesta mensagem estão o endereço de transporte RTP alocado por T1, a ser utilizado por T2 para o envio dos fluxos de áudio (e/ou vídeo) RTP, e o endereço RTCP recebido de T2. Agora a comunicação de áudio (vídeo) bidirecional está estabelecida.



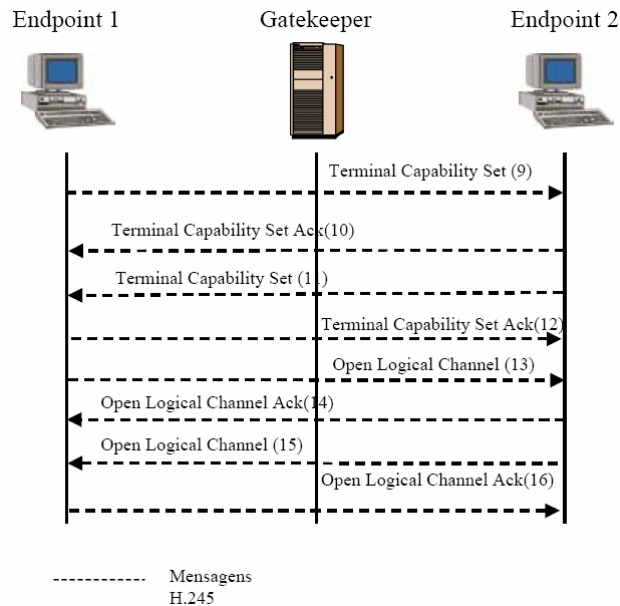


Figura 4.5 – Fluxo de sinalização de controle H.323

Fonte: (BRITO, 2005, p. 32)

A partir de então, os pacotes de áudio podem ser enviados através do protocolo RTP, com o controle sendo feito pelo protocolo RTCP. A Figura 4.6 ilustra o fluxo de pacotes de áudio (vídeo) e o fluxo de controle RTCP.

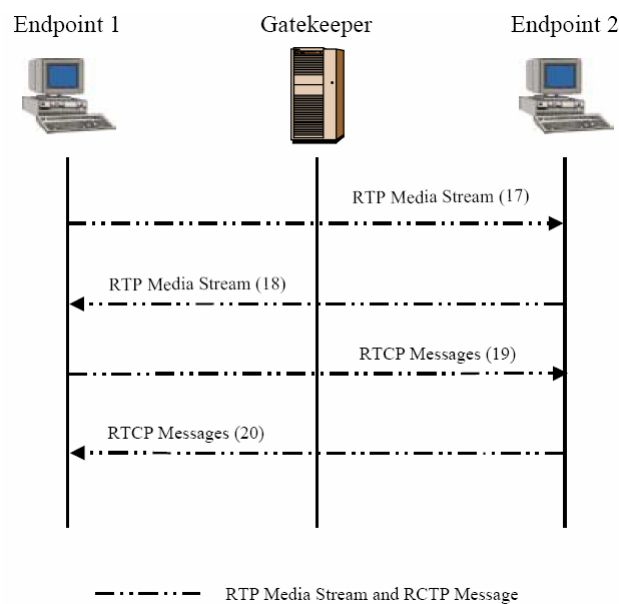


Figura 4.6 – Fluxo de pacotes de áudio e fluxos de controle RTCP.

Fonte: (BRITO, 2005, p. 33)

Após o término da troca de informação entre T1 e T2, a chamada deve ser desfeita. Este procedimento envolve troca de mensagens H.225, H.245 e RAS, como indicado na Figura 4.7, onde os seguintes passos são identificados:

21. T2 inicia a desconexão. Ele envia uma mensagem (H.245) *End Session Command* para T1.

22. T1 confirma a desconexão enviando uma mensagem *End Session Command* para T2.

23. T2 completa a desconexão da chamada enviando uma mensagem (H.225) *Release Complete* para T1.

24. T1 e T2 se desconectam com o *Gatekeeper* enviando uma mensagem (RAS) de requisição de desconexão (DRQ - *Disengage Request*) para o *Gatekeeper*.

25. O *Gatekeeper* desconecta T1 e T2 e confirma esta ação enviando a mensagem DCF (*Disengage Confirmation*) para T1 e T2.

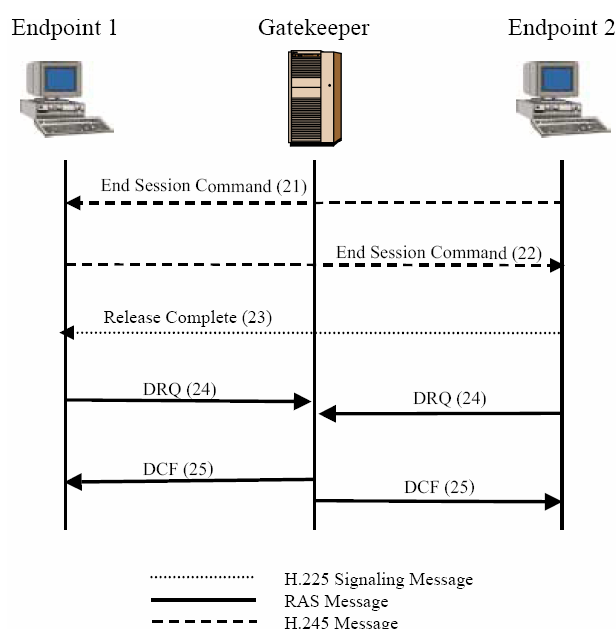


Figura 4.7 – Desconexão da chamada H.323

Fonte: (BRITO, 2005, p. 34)

### 4.3 SIP - Session Initiation Protocol

O protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) foi definido pelo IETF como um de seus padrões para contemplar a criação e o gerenciamento de sessões para troca de fluxos multimídia entre aplicações. É um protocolo cliente-servidor, e tem um sistema final que interage com o usuário.

Segundo Colcher et al (2005, p. 189), o protocolo SIP atua como um protocolo de sinalização de nível de aplicação, pois ele negocia o termo e as condições de uma sessão, definindo, por exemplo, os tipos de mídia e os padrões de codificação utilizados na sessão, além de auxiliar na localização dos participantes da mesma.

Para Kurose e Ross (2005, p. 472), o SIP é um protocolo simples que faz o seguinte:

- Provê mecanismos para estabelecer chamadas entre dois interlocutores por uma rede IP. Permite que quem chama avise ao que é chamado que quer iniciar uma chamada. E também permite que encerrem as chamadas.
- Provê mecanismos que permitem a quem chama determinar o endereço IP corrente de quem é chamado. Os usuários não têm um endereço IP único, fixo, porque podem receber endereços dinamicamente (usando DHCP) e porque podem ter vários equipamentos IP, cada um com um endereço IP diferente.
- Provê mecanismos para gerenciamento de chamadas, tais como adicionar novas correntes de mídia, mudar a codificação, convidar outros participantes, tudo durante a chamada, e ainda transferir e segurar chamadas.

O protocolo SIP é utilizado em conjunto com outros protocolos, como, por exemplo, o RTP/RTCP para transportar dados em tempo real e prover informações sobre QoS, o RTSP (*Real-time Streaming Protocol*) para controlar a entrega de fluxos de distribuição de mídia, o MGCP<sup>8</sup> e o MEGACO/H248<sup>9</sup> para controlar *gateways* de mídia, e o SDP (*Session Description Protocol*) para descrever sessões multimídia.

#### 4.3.1 Componentes da Arquitetura SIP

A especificação SIP define os componentes da arquitetura de sinalização como clientes e servidores (COLCHER et al, 2005, p. 190):

- *Agente usuário (User Agent – UA)* - formado por uma parte cliente (*User Agent Client – UAC*), capaz de iniciar requisições SIP, e por uma parte servidor (*User Agent Server – UAS*), capaz de receber e responder a requisições SIP;
- *Servidor Proxy (proxy server)* - intermediário, que atua tanto como um servidor como um cliente, com o propósito de fazer requisições em benefício de outros clientes que não podem fazer as requisições diretamente;

---

<sup>8</sup> Protocolo definido pelo IETF usado para controlar as conexões nos *gateways* de mídia presentes nos sistemas VoIP.

<sup>9</sup> Protocolo padrão definido conjuntamente pelo IETF e ITU-T também para controle de *gateways* de mídia.

- *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 aonde uma parte pode ser encontrada, trabalhando em conjunto com o servidor de redirecionamento e o servidor Proxy.

A dualidade do agente SIP possibilita a comunicação *peer-to-peer* (P2P) com outros agentes sem a necessidade de utilização dos serviços oferecidos pelos servidores. O agente normalmente é implementado em telefones IP, *softphones* e adaptadores de telefones analógicos (ATAs). (COLCHER et al, 2005, p. 190).

### 4.3.2 Mensagens SIP

As mensagens SIP podem ser requisições ou respostas. As mensagens de requisição são caracterizadas pela utilização de uma linha de requisição como uma linha de início. Cada linha de requisição é formada por um método, um endereço e a identificação da versão SIP utilizada.

A tabela 4.1 apresenta os seis métodos de requisição do SIP e as suas funcionalidades. Os demais métodos que foram definidos por extensões do SIP são apresentados na tabela 4.2 com suas respectivas funcionalidades. O formato do endereço é definido como uma URI (*Universal Resource Identifier*) SIP ou SIPs, ou uma URI genérica.

Tabela 4.1 – Métodos de requisição e respectivas funcionalidades no SIP/2.0.

MÉTODO	FUNCIONALIDADE
INVITE	Convida um indivíduo para participar de uma sessão.
ACK	Confirma o recebimento de uma resposta final para uma requisição INVITE.
BYE	Solicita o término de uma sessão.
CANCEL	Solicita que uma prévia requisição seja cancelada, sendo diferente do BYE.
REGISTER	Registra a informação de contato do indivíduo.
OPTIONS	Consulta servidores com respeito a suas capacidades.

Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 192)

Tabela 4.2 – Métodos de requisições estendidos e respectivas funcionalidades.

<b>MÉTODO</b>	<b>RFC</b>	<b>FUNCIONALIDADE</b>
INFO	2976	Carrega informações de controle geradas durante a sessão.
MESSAGE	3428	Permite a transferência de mensagens instantâneas.
NOTIFY	3265	Permite a notificação de eventos específicos.
PRACK	3262	Confirma a recepção de uma mensagem de resposta informatica.
PUBLISH	3903	Publica o estado de um evento.
REFFER	3515	Solicita que o receptor faça contato com um terceiro participante.
SUBSCRIBE	3265	Permite se inscrever para um estado particular de um recurso.
UPDATE	3311	Permite a atualização dos parâmetros de uma sessão.

Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 192)

As mensagens de resposta são caracterizadas pela utilização de uma linha de status como uma linha de início. Cada linha de status é formada pela identificação da versão do SIP utilizada, um código de status numérico e sua frase textual correspondente.

A tabela 4.3 apresenta as seis classes de respostas definidas pela especificação representadas pelo primeiro dígito do código de status numérico.

Tabela 4.3 – Classes de resposta e respectivas funcionalidades no SIP/2.0.

<b>MÉTODO</b>	<b>FUNCIONALIDADE</b>	<b>EXEMPLO</b>
1xx	Resposta Informativa	180 Ringing
2xx	Resposta de Sucesso	200 OK
3xx	Resposta de Redirecionamento	302 Moved Temporarily
4xx	Resposta de Falha de Requisição	404 Not Found
5xx	Resposta de Falha em Servidor	503 Service Unavailable
6xx	Resposta de Falha Global	600 Busy Everywhere

Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 193)

As requisições são feitas através dos clientes e as repostas são retornadas através do(s) servidor(es). A mensagem SIP é constituída da linha de início, cabeçalhos, linha em branco e o corpo da mensagem.

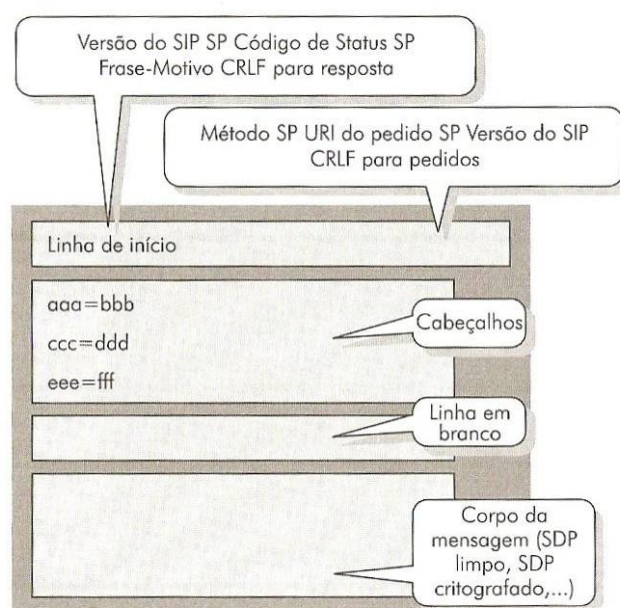


Figura 4.8 – Formato da mensagem SIP

Fonte: (HERSENT et al, 2002, p. 124)

O cabeçalho da mensagem é uma seqüência estruturada de campos e é bastante semelhante aos campos do cabeçalho da mensagem do protocolo HTTP<sup>10</sup>. Os cabeçalhos podem ser incluídos em mensagens de requisição ou resposta, oferecendo mais informações sobre a mensagem ou indicando seu tratamento apropriado. Alguns campos do cabeçalho estão presentes tanto nas requisições como nas respostas, como por exemplo: *Call-ID*, *Cseq*, *From*, *To*, *Via*, *Encryption*, *Content-Type* e *Content-length*.

No corpo da mensagem é feito o transporte de informações relevantes para algumas operações. Tanto requisições quanto respostas podem transportar informações no corpo da mensagem. A interpretação dessas informações depende da operação à qual uma mensagem se refere, podendo, inclusive, não estar presente.

A interpretação do corpo da mensagem é indicada no valor do campo *Content-Disposition*, campo que visa estender o campo *Content-Type*. Os valores definidos na especificação do SIP para esse campo são (COLHER et al, 2005, p. 196):

- *session*: indica que a informação se refere a dados relevantes para uma chamada.
- *render*: indica que a informação deve ser apresentada ao usuário.

<sup>10</sup> Protocolo da camada de Aplicação do modelo OSI, utilizado para transferência de dados na rede mundial de computadores.

- *icon*: indica que a informação contém uma imagem que se refere a um ícone representativo de um dos participantes da chamada.
- *alert*: indica que a informação deve ser apresentada ao usuário na tentativa de alertá-lo quanto ao recebimento de uma requisição de chamada.

Por questões de compatibilidade com especificações anteriores, se o campo *Content-Disposition* for omitido e o valor do campo *Content-Type* for *application/sdp*, o valor *session* deve ser assumido. Para qualquer outro valor do campo *Content-Type*, o valor *render* deve ser assumido.

### 4.3.3 SDP – Session Description Protocol

SDP é um protocolo utilizado pelo SIP para descrever sessões. Este protocolo define para um utilizador informações como tipos de áudio e vídeo que ele suporta, porta onde deverá receber os dados, nome da sessão e propósito, duração da sessão, informação de contato, largura de banda, entre outros. Estas informações são transportadas juntamente com a mensagem SIP.

A real finalidade do SDP é atuar como um negociador entre as partes envolvidas na chamada, pois ele carrega consigo todas as informações que são úteis para o estabelecimento da chamada. Como nem sempre as partes se entendem sobre, por exemplo, que tipo de áudio e vídeo irão utilizar, o SDP de ambas as partes ficam fornecendo informações sobre os áudios e vídeos, entre outras informações, que suportam até que ambos entrem em um consenso.

### 4.3.4 Estabelecimento de Chamadas SIP

A arquitetura de sinalização SIP suporta dois modos de comunicação, o modo direto, conhecido como peer-to-peer, onde um agente SIP envia requisições diretamente para outro agente, e o modo indireto, onde a comunicação é feita via servidor proxy.

Quando no modo direto, o agente cliente (UAC) de um participante troca mensagens SIP com o agente servidor (UAS) do outro, e vice-versa. Assim, os parâmetros da sessão podem ser negociados e a comunicação de voz estabelecida. (COLCHER et al, 2005, p. 206).

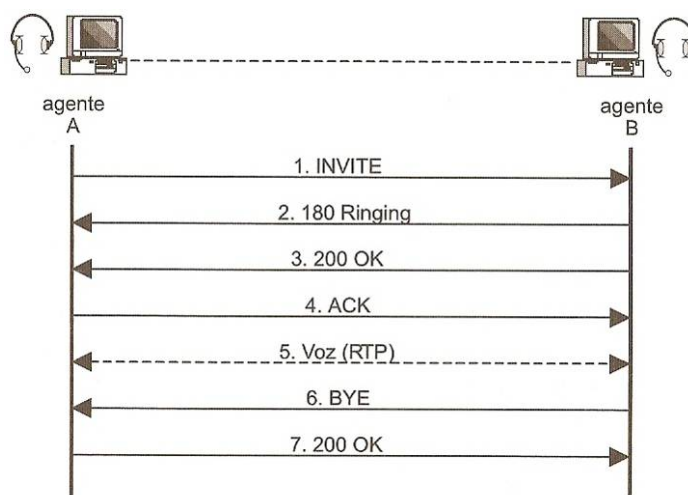


Figura 4.9 – Exemplo de fluxo de sinalização em comunicação peer-to-peer

Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 207)

A figura 4.9 ilustra um exemplo do processo de comunicação direta entre agentes SIP. Nesse exemplo, o agente B suporta os padrões de codecs de mídia oferecidos pelo agente A e aceita o estabelecimento da sessão. A descrição do fluxo de mensagens é feita nos itens a seguir (COLHER et al, 2005, p. 206):

1. O usuário do agente A inicia a chamada e uma requisição INVITE é enviada diretamente para o endereço do agente B, iniciando a primeira transação. O INVITE contém uma informação de oferta SDP listando os padrões de codecs de mídia suportados e a porta RTP para receber *streaming* de mídia.

2. A resposta *180 ringing* é imediatamente enviada pelo agente B para o agente A, tão logo o agente B receba o INVITE, selecione um dos padrões de codecs de mídia oferecidos que seja compatível com um dos padrões suportados, e ative uma indicação áudio e/ou visual para alertar o usuário. Essa resposta indica qual padrão de codecs de mídia foi selecionado e qual porta o agente B receberá o *streaming* RTP.

3. Quando o usuário do agente B atende a chamada, a resposta *200 OK* é enviada para o agente A, encerrando a primeira transação.

4. O agente A, tendo recebido as respostas *180 Ringing* e *200 OK*, envia uma requisição ACK para completar o *3-handshake*, iniciando e encerrando a segunda transação.

5. Os dois canais de voz de mão única estabelecidos entre os agentes, um de A para B, e outro de B para A, através do RTP, são utilizados pelos usuários para a conversação. Esses canais foram representados por uma seta dupla na figura 4.x.



6. O usuário do agente B encerra a conversação e envia uma requisição BYE para o agente A, iniciando a terceira transação.

7. O agente A recebe a requisição BYE e envia a resposta *200 OK* finalizando a chamada, fechando o canal de voz e encerrando a terceira transação.

#### **4.4 Interoperabilidade de SIP e H.323**

Segundo Colcher et al (2005, p. 248), em Schulzrinne (2005) são definidos os requisitos da função de interoperabilidade SIP-H.323 (*Interworking Function – IWF*) que deve funcionar como um conversor de protocolos. O SIP-H.323 pode ser integrado a um *gatekeeper* H.323 ou um servidor SIP. As suas funcionalidades são:

- Mapeamento das seqüências de estabelecimento e encerramento de chamadas.
- Registro dos terminais H.323 e SIP com servidores de registro SIP e com *gatekeepers* H.323.
- Resolução de endereços H.323 e SIP.
- Manutenção das máquinas de estado H.323 e SIP.
- Negociação das capacidades dos terminais.
- Abertura e fechamento dos canais de mídia.
- Mapeamento dos algoritmos de codificação de mídia para as redes H.323 e SIP.
- Reserva e liberação dos recursos relacionados a chamada.
- Processamento das mensagens de sinalização da chamada.
- Tratamento dos serviços e facilidades.

## 5 QUALIDADE DE SERVIÇO EM VOIP

O protocolo IP foi desenvolvido e implementado como um protocolo de comunicação com controle de tráfego utilizando a regra do melhor esforço (*best-effort service*), que não provê nenhum mecanismo de qualidade de serviços e, por esse motivo, não existe nenhuma garantia de alocação de recursos da rede.

Chowdhury (2002, p. 172) define QoS (*Quality of Service* – Qualidade de Serviço) como um serviço da rede que especifica o desempenho do tráfego através de uma ou mais redes.

Para Hersent et al (2002, p. 288), o conceito de QoS foi amplamente ignorado no projeto inicial do protocolo IP, pois foi construído para transportar dados e não voz ou vídeo, tendo sido considerada como requisito de qualidade de serviço a garantia de integridade dos dados.

Levando em consideração voz sobre IP, os mecanismos de QoS devem negociar (COLCHER et al, 2005, p. 119):

- O máximo retardo de transferência.
- A variação máxima de retardo.
- Os mecanismos para compensação da variação estática do retardo.
- A banda passante necessária (vazão) para o estabelecimento de uma chamada.
- As taxas de erros de bit e pacote toleráveis (separadamente negociadas).
- As especificações de qual estratégia a ser adotada, para todos os tipos de erro: detecção, detecção e correção ou nada.

- Os mecanismos para controle de fluxo dos dados e controle de congestionamento do sistema de comunicação.
- As condições para o fechamento de uma chamada, caso não seja possível atender aos requisitos.

Com o crescimento da Internet e com a tendência cada vez maior da convergência entre redes de voz e de dados, os fabricantes de equipamentos de redes partiram para o desenvolvimento de protocolos que garantissem a qualidade de serviços fim-a-fim.

Para oferecer o QoS de ponta a ponta para uma rede IP, três elementos de serviço são definidos, que são *Best-effort Service*, *Integrated Service* (IntServ) e *Differentiated Service* (DiffServ).

O *Best-effort Service* (serviço de melhor esforço) é um modelo de único serviço, em que uma aplicação envia dados sempre que precisar, em qualquer quantidade, e sem solicitar permissão ou informar primeiro à rede. O serviço de melhor esforço é adequado para uma grande variedade de aplicações em rede, como transferências de arquivo em geral ou e-mail (CHOWDHURY, 2002, p. 192). Os modelos de serviços IntServ e DiffServ serão tratados na sequência desse capítulo.

O projeto de rede IP precisa ser modificado para dar suporte ao QoS em tempo real e retardos controlados de ponta a ponta, pois a remessa de tráfego com o serviço de melhor esforço tradicional, que oferece a entrega correta e imparcial negociando a espera, não é aceita. Uma das formas de contornar esse problema é usar IntServ na fronteira e DiffServ no núcleo da rede, conforme ilustra a figura 5.1.

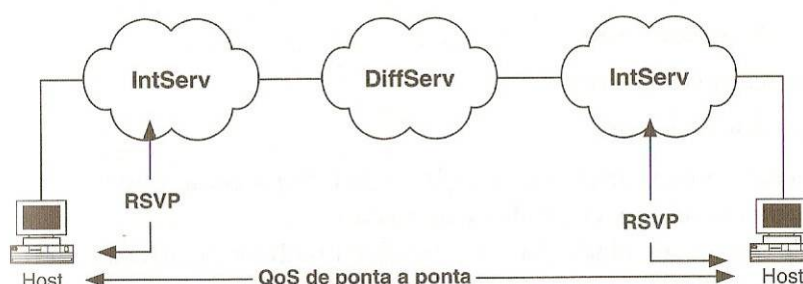


Figura 5.1– QoS de ponta a ponta  
Fonte: (CHOWDHURY, 2002, p. 193)

## 5.1 Arquitetura IntServ

Segundo Colcher et al (2005, p. 124), o modelo IntServ acrescenta ao serviço de melhor esforço categorias de serviços com diferentes graus de comprometimento de recursos (banda passante e *buffers*<sup>11</sup>, em particular) e, conseqüentemente, com diferentes níveis (ou classes) de QoS para fluxos de transporte distintos na rede IP.

O modelo de serviços integrados é caracterizado pela reserva de recursos. Antes de iniciar uma comunicação, o emissor solicita ao receptor a alocação de recursos necessária para definir-se uma boa qualidade na transmissão dos dados. O protocolo RSVP (*Resource Reservation Protocol*) é utilizado, nesse modelo, para troca de mensagens de controle de alocação dos recursos. A alocação de recursos diz respeito à largura de banda e ao tempo em que será mantida a conexão. Neste período de tempo, o emissor daquele serviço tem uma faixa da largura de banda disponível para transmitir seus dados.

Em Braden apud Colcher et al (2005, p. 124) é apresentado um modelo de referência para a implementação desses serviços em termos de componentes presentes em roteadores e estações finais, bem como de protocolos que permitem a sinalização para alocação de recursos de banda passante nos enlaces entre esses equipamentos. Os principais componentes que fazem parte desse modelo de referência são:

*Controle de admissão*: determina se um novo fluxo pode ser aceito sem interferir na QoS de fluxos admitidos anteriormente. Esse controle é feito a partir dos parâmetros de tráfego e de QoS especificados pelas aplicações para cada um de seus fluxos, bem como em função dos recursos (tipicamente, banda passante e *buffers*) disponíveis na rede.

*Escalonamento de pacotes*: gerencia os *buffers* das filas de saída dos roteadores e estações, usando alguma política de atendimento às mesmas.

*Classificador*: reconhece os fluxos segundo suas identificações, mapeia os pacotes desses fluxos nas diferentes categorias de serviço, notifica a função de policiamento e, caso os pacotes estejam em conformidade com o controle imposto pelo policiamento, os coloca nos *buffers* das filas de saída apropriadas.

---

<sup>11</sup> Região de memória temporária utilizada para escrita e leitura de dados.

*Policciamento*: determina se os pacotes notificados pelo classificador estão em conformidade com os parâmetros de tráfego e QoS negociados para o fluxo – parâmetros esses informados durante o controle de admissão.

A figura 5.2 ilustra o relacionamento entre esses componentes na arquitetura IntServ. O protocolo RSVP é utilizado para sinalização.

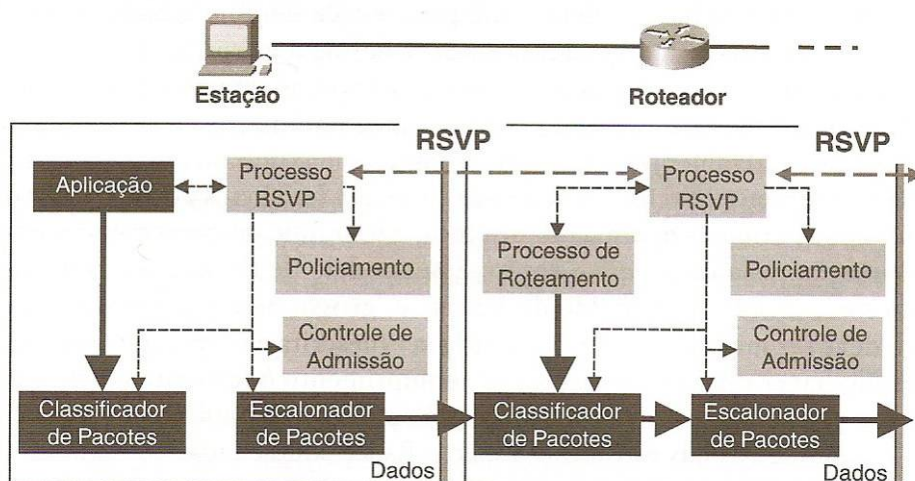


Figura 5.2 – Modelo de referência para implementação da arquitetura IntServ  
Fonte: (COLCHER et al, 2005, p. 125)

O IntServ é caracterizado pela alocação de recursos para dois tipos de serviços que são os serviços garantidos, para aplicações que necessitam de um atraso constante, e serviços de carga controlada, para aplicações que requerem segurança e destacam o serviço de melhor esforço.

Graças a sua pouca escalabilidade, a arquitetura IntServ é considerada inadequada a redes de *backbone*<sup>12</sup>, já que para cada sessão RSVP conhecida por um roteador, este tem de manter informações de estado de reserva sobre ela que são atualizadas periodicamente, gerando uma sobrecarga de processamento e armazenamento adicional aos roteadores. Utilizando esse tipo de arquitetura sobre roteadores em uma rede de *backbone*, eles podem ter de tratar simultaneamente milhares de fluxos.

## 5.2 Arquitetura DiffServ

O modelo DiffServ foi desenvolvido com o objetivo de solucionar o problema de escalabilidade existente no modelo IntServ. O modelo DiffServ implementa QoS com base na

<sup>12</sup> Parte central da rede que interliga todos os pontos de acesso à mesma.



H1 para H3 na figura 5.3 receberem a mesma marca dos que estão sendo enviados de H2 para H4, os roteadores da rede tratarão esses pacotes como um agregado, sem distinguir se eles se originam de H1 ou H2. Por exemplo, R3 não faria nenhuma distinção entre pacotes de H1 e H2 ao transmiti-los a R4. Portanto, a arquitetura de serviço diferenciado evita a necessidade de manter o estado do roteador para pares fonte-destino individuais.

Segundo Kurose e Ross (2005, p. 495), os pacotes que chegam ao roteador de borda são primeiramente classificados. O classificador seleciona os pacotes com base nos valores de um ou mais campos de cabeçalho de pacote (endereço fonte, endereço de destino, porta fonte, porta de destino, etc) e dirige o pacote à função de marcação apropriada. A marca de um pacote é carregada dentro do campo DS no cabeçalho do pacote IP.

Além das funções de borda, a arquitetura DiffServ possui um segundo componente que envolve o comportamento por salto (PHB – *Per Hop Behavior*) realizado pelos roteadores habilitados para DiffServ. Dois PHBs principais encontram-se padronizados pelo IETF (COLCHER et al, 2005, p. 134):

*Encaminhamento expresso (Expedited Forwarding – EF)*: o PHB EF é recomendável ao fornecimento de serviços com baixo retardo e variação, taxa de erros contrada e largura de banda assegurada. Serviços com essas características são normalmente referenciados, no mercado, como serviços de linha virtual alugada (*Virtual Leased Line – VLL*) ou serviços *premium*. A implementação desse PHB procurará eliminar as filas nos roteadores, o que é obtido através do uso de uma taxa de saída mínima maior ou igual do que a taxa de entrada agregada máxima. A disciplina de escalonamento usada deve garantir a proteção de fluxo, ou seja, o tráfego de uma classe de serviço não deve interferir no de outra. VoIP é o principal exemplo de aplicação que pode fazer uso desse serviço.

*Encaminhamento assegurado (Assured Forwarding – AF)*: o PHB AF define, na realidade, um grupo formado por várias modalidades independentes de encaminhamento. O grupo AF permite a implementação de serviços com diferentes níveis de garantia de QoS, como serviços com garantia probabilística, por exemplo. No âmbito de cada classe AF, pacotes são marcados adicionalmente por um valor de precedência de descarte. A probabilidade de entrega de um pacote por um PHB AF depende, portanto, de três fatores:

- Classe AF ao qual pertence: quanto maior o valor, maior a probabilidade.

- Tráfego agregado atual da referida classe.
- Valor de precedência de descarte do pacote: quanto menor a precedência, maior a probabilidade.



## 6 CENTRAL TELEFONICA ASTERISK

Existem no mercado diversas soluções comerciais que permitem a implantação da tecnologia VoIP. Grande parte dessas soluções utiliza *hardware* proprietário, o que na maioria das vezes representa um alto custo de investimento e manutenção para as corporações.

De outro lado, algumas soluções gratuitas e de código aberto estão em franca expansão no mercado, entre elas, duas se destacam, os softwares OpenSER e Asterisk, ambas permitem a implementação de um PABX/IP sobre computadores comuns.

O OpenSER é um servidor SIP de licença GPL (*General Public License* - Licença Pública Geral). Por definição não é um PABX completo, sendo definido com um servidor SIP, uma implementação de alto desempenho e extremamente configurável de código aberto, que se beneficia dos conceitos SIP para abrir possibilidades para o desenvolvimento dos mais diversos serviços.

O Asterisk, ao contrário do OpenSER, é um *software* de PABX completo, que também usa o conceito de software livre (GPL), criado pela Digium Inc. e uma base de usuários em contínuo crescimento. A Digium investe em ambos, o desenvolvimento do código fonte do Asterisk e em hardware de telefonia de baixo custo que funciona com o Asterisk. O Asterisk roda em plataforma Linux e outras plataformas Unix com ou sem hardware conectado a rede pública de telefonia.

A escolha pelo Asterisk ocorreu justamente por este ser considerado um PABX completo, por possuir suporte a múltiplos protocolos VoIP, permitindo interoperar com praticamente todos os adaptadores VoIP existentes no mercado que seguem padrões estabelecidos, possibilitando assim a utilização de *hardware* de baixo custo.

Para Gomillion e Dempster (2005, p. 9), o Asterisk permite a utilização do protocolo de Internet (IP) para chamadas telefônicas, em harmonia com as tecnologias tradicionais para telefonia.

O Asterisk permite conectividade em tempo real entre a RTPC e a rede IP. Com a utilização do Asterisk é possível disponibilizar alguns recursos como:

- Conectar empregados trabalhando de casa para o PABX do escritório sobre conexões de banda larga.
- Conectar escritórios em vários estados sobre IP. Isto pode ser feito pela Internet ou por uma rede IP privada.
- Dar aos funcionários, correio de voz, integrado com a “web” e seu e-mail.
- Construir aplicações de resposta automática por voz, que podem conectar você ao sistema de pedidos, por exemplo, ou ainda outras aplicações internas.
- Dar acesso ao PABX da companhia para usuários que viajam, conectando sobre VPN (*Virtual Private Network* - Rede Privada Virtual) de um aeroporto ou hotel.
- Disponibilizar música em espera para clientes esperando nas filas, suportando *streaming* de media assim como música MP3 (*MPEG Audio Layer-3*).

## 6.1 Vantagens

Segundo Gomillion e Dempster (2005, p. 14), o Asterisk possui uma arquitetura poderosa sobre a qual é possível instalar inúmeros recursos. É possível configurar cada parte do Asterisk em seus mínimos detalhes, o que permite uma grande flexibilidade.

Algumas das vantagens que podem ser obtidas com o Asterisk são:

*Baixos Custos:* em alguns casos é possível se obter até 90% de economia quando comparado com tecnologias de PABX/IP proprietários, incluindo aí a eliminação de taxas de licenças de uso por telefone. Os custos também são cortados devido à capacidade do software de rodar em cima de plataforma de hardware padrão, que não precisam necessariamente de hack para a instalação, diferentemente dos sistemas proprietários de ponta.

*Funcionalidades Flexíveis e Funções Poderosas:* novas funções podem ser criadas com *scripts* na linguagem do Asterisk, escrevendo módulos em linguagem C e escrevendo *scripts* em Perl ou outras linguagens. Como resultado, a adoção do Asterisk permite criar PABXs programáveis muito poderosos, incorporando funcionalidades que, do contrário, custariam muitas dezenas de milhares de dólares.

*Compatibilidade com uma Ampla Variedade de Plataformas de Sistemas Operacionais:* os usuários do Asterisk podem escolher diversas distribuições Linux para instalação do servidor, e aplicações para estações entre os vários sistemas operacionais, como Windows, Linux, Mac OS X, OpenBSD, FreeBSD e Sun Solaris.

É importante lembrar que os investimentos já realizados em um PABX convencional não são perdidos, uma vez que o Asterisk pode ser trabalhar juntamente com ele.

## 6.2 Arquitetura

O Asterisk é projetado para permitir máxima flexibilidade. APIs<sup>13</sup> específicas são definidas em torno do núcleo central do sistema de PABX. Esse núcleo central trata as interconexões internas do PABX, abstraindo as definições de protocolos, Codecs, e interfaces de *hardware* das aplicações de telefonia. Isso permite ao Asterisk suporte a todo *hardware* e tecnologia disponíveis atualmente ou no futuro para executar suas funções essenciais, conectando *hardware* e aplicações.

---

<sup>13</sup> Conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um software para utilização de suas funcionalidades por programas aplicativos.

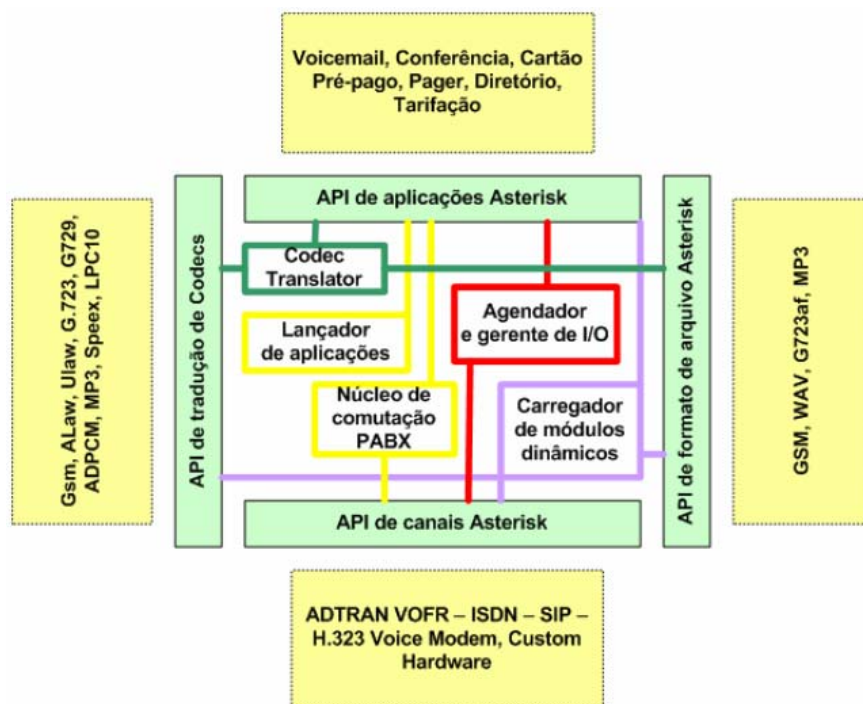


Figura 6.1 – Arquitetura básica do Asterisk  
Fonte: (GOOGLE, 2007).

O núcleo do Asterisk possui internamente os seguintes itens (DIGIUM, 2005):

*Núcleo de Comutação PABX* – A essência do Asterisk é um sistema de PABX, conectando chamadas entre vários usuários e tarefas automatizadas. Ele permite a conexão transparente entre os usuários do sistema, mesmo que estes utilizem diferentes tipos de configurações de *hardware* e *software* para realizarem suas chamadas.

*Lançador de Aplicações* – Executa aplicações que fornecem serviços como correio de voz, reprodução de arquivos, e outros, aos usuários do sistema.

*Codec Translator* – Utiliza módulos para a codificação/decodificação dos vários formatos de compressão de áudio utilizados na indústria de telefonia. Um grande número de Codecs estão disponíveis para suportar diversas necessidades, com o objetivo de se obter a melhor medida entre qualidade de áudio e consumo de largura de banda.

*Escalonador e gerente de I/O* – Administra as tarefas de baixo nível e gerencia o sistema para obter a melhor performance em todas as condições de uso.

Quatro APIs são definidas como módulos carregáveis, facilitando a abstração de *hardware* e de protocolo. Utilizando esses módulos carregáveis, o núcleo do Asterisk não

precisa se preocupar com detalhes de como um cliente está se conectando, que Codecs estão sendo utilizados, etc. Os módulos carregáveis são (DIGIUM, 2005):

*API de Canal* – A API de canal trata os tipos de conexão que um cliente pretende utilizar, seja uma conexão VoIP, RDSI, PRI (*Primary Rate Interface*) ou de outra tecnologia. Os Módulo dinâmicos são carregados para tratar os detalhes das camadas mais baixas destas conexões.

*API de Aplicação* – A API de aplicação permite a execução de várias funções como, conferência, correio de voz e qualquer outra tarefa que um sistema de PABX possa executar agora ou no futuro.

*API de Tradução de Codec* – Carrega os módulos de Codecs para suportar a codificação e decodificação de vários formatos de áudio como, GSM,  $\mu$ -Law, a-law e MP3.

*API de Formato de Arquivo* – Trata a leitura e a gravação de vários formatos de arquivos para o armazenamento de dados no sistema de arquivos.

### 6.3 Codecs

O Asterisk possui suporte aos principais Codecs abordados no capítulo 3, entre eles se destacam o G. 711, G.729<sup>14</sup>, iLBC e Speex.

### 6.4 Protocolos

Além dos protocolos já abordados no capítulo 4, o Asterisk também suporta outros protocolos como o IAX (*Inter-Asterisk eXchange*), o MGCP, o Skinny/SCCP (*Skinny Client Control Protocol*) e o UNISTIM (*Unified Networks IP Stimulus*). Na sequência será apresentada uma breve abordagem sobre esses protocolos.

#### 6.4.1 IAX

O protocolo IAX foi desenvolvido pela Digium com o propósito de se comunicar com outros servidores Asterisk. O IAX é um protocolo de transporte que utiliza uma única

---

<sup>14</sup> Necessita de licença para sua utilização.

porta tanto para fluxo de sinalização de canal como para o RTP (MEGGELEN et al, 2005, p. 110).

#### **6.4.2 MGCP**

O Protocolo de Controle de Mídia Gateway foi desenvolvido pela IETF. Este protocolo foi projetado para tornar os dispositivos de fim de linha tão simples quanto possível e tem toda a lógica de chamada e processamento manuseada por gateways de mídia e agentes de chamada.

Diferentemente do SIP, o MGCP utiliza um modelo centralizado. Os telefones MGCP não podem ligar diretamente para outros telefones MGCP, eles devem sempre passar por algum tipo de controlador (MEGGELEN et al, 2005, p. 114).

#### **6.4.3 Skinny/SCCP**

O Protocolo de Controle do Cliente Skinny é proprietário para equipamento VoIP Cisco. Ele é protocolo original para terminais num PABX Gerenciador de Chamadas Cisco. (MEGGELEN et al, 2005, p. 114).

#### **6.4.4 UNINSTIM**

O UNISTIM é um protocolo VoIP proprietário da Nortel que recentemente aderiu ao Asterisk. Esse fato fez do Asterisk o primeiro PABX da história a suportar terminais IP proprietários dos dois maiores fabricantes VoIP, Nortel e Cisco (MEGGELEN et al, 2005, p. 114).

### **6.5 Principais Funcionalidades**

Um PABX pode ser visto como uma placa de comutação de telefonia privada, que conecta um ou mais telefones de um lado, e, frequentemente, uma ou mais linhas telefônicas de outro. Isto traz, usualmente, um custo-benefício maior do que o de ter uma linha telefônica independente para cada aparelho de telefone utilizado em uma empresa.

#### **6.5.1 Ligações ponto-a-ponto**

O Asterisk, como um PABX, permite ligações ponto-a-ponto. Isto significa que os usuários podem discar de um telefone para outro. Mesmo parecendo óbvio, existem sistemas de telefonia elementares, conhecidos como *Key Systems*, que suportam múltiplos aparelhos de telefone, múltiplas linhas e permitem que cada aparelho utilize qualquer linha. Em operação, os aparelhos não possuem extensões individuais para as quais se pode discar, e, portanto, não há forma de iniciar uma ligação de um aparelho para o outro. Estes sistemas são usualmente identificados por terem todas as linhas de saída em cada telefone, geralmente com uma luz piscante. Diferentemente dos *Key System*, o Asterisk permite ligações ponto-a-ponto, permitindo comunicação interna direta.

### **6.5.2 Truncamento de Linhas**

O Asterisk fornece truncamento de linhas, permitindo o acesso compartilhado a múltiplas linhas telefônicas. Estas linhas são usualmente utilizadas para possibilitar a conexão com a RTPC, mas podem ser linhas privadas conectadas a outros sistemas telefônicos.

### **6.5.3 Funcionalidades de Telecom**

Todas as funcionalidades “padrão” que pudessem ser esperados de qualquer companhia telefônica (ou telecom) são suportadas pelo Asterisk. Ele suporta o envio e recebimento de *Caller ID* (identificador de chamadas), e até mesmo permite rotear chamadas de acordo com o *Caller ID*. Para usar o *Caller ID* com a RTPC é necessário assinar um serviço à parte com o provedor de conexão com a RTPC.

Outras funcionalidades suportadas pelo Asterisk comum a outros sistemas são: chamada em espera, retorno de chamada, campanha distintiva, transferência de chamadas, redirecionamento de chamadas, entre outras.

### **6.5.4 Distribuição Avançada de Chamadas (DAC)**

Ao receber uma chamada telefônica, o Asterisk pode verificar seus atributos, e, com base neles, tomar decisões de roteamento. Se a operadora de RTPC não provê informações suficientes, é possível fazer com que o sistema solicite estas informações ao usuário que originou a ligação.

Uma vez tomada a decisão sobre como rotear a chamada, é possível direcioná-la para um único ramal, para um grupo de ramais, para uma gravação, para uma caixa postal, ou até mesmo fazê-la circular entre os terminais dos membros de um grupo de agentes telefônicos. É possível também utilizar filas de atendimento para atender aos clientes da empresa com maior eficiência.

Esse tipo de flexibilidade permite para as empresas criarem soluções que podem ser acessadas pelo telefone. O DAC garante o poder de atender os clientes da melhor maneira possível.

#### **6.5.5 Registro de Detalhes de Ligação – CDR (Call Detail Records)**

O Asterisk mantém registros completos das ligações por ele processadas. É possível armazenar estas informações num arquivo texto ou num banco de dados. Utilizando as informações armazenadas é possível monitorar o uso do sistema, identificando padrões ou anomalias que possam ter impactos aos negócios.

Esses registros podem ser comparados aos extratos enviados pelas companhias telefônicas aos seus clientes, onde é possível analisar o tráfego de chamadas, identificando os números de telefone mais chamados, o tempo de duração das ligações, etc.

#### **6.5.6 Gravação de Chamadas**

As ligações realizadas através do Asterisk podem ser gravadas e armazenadas, porém para utilizar dessa funcionalidade é necessário considerar a capacidade do *hardware* do servidor, uma vez que a utilização do espaço em disco poderá aumentar e dependendo do número de ligações o sistema poderá ter o seu desempenho prejudicado.

#### **6.5.7 Unidade de Resposta Audível – URA**

As Unidades de Resposta Audível (IVR – *Interactive Voice Response*) fornecem as empresas toda flexibilidade que um sistema de telefonia programável permite, garantindo a capacidade de responder aos seus clientes de maneira significativamente melhor.

O Asterisk permite trocar arquivos, ler textos, e até mesmo buscar informações de banco de dados. Por exemplo, é possível disponibilizar no sistema mensagens de boas vindas,



mensagens de status, ou permitir que através do teclado número do aparelho telefônico seja digitada alguma credencial para autenticação, entre várias outras possibilidades.

#### **6.5.8 Correio de Voz**

O Asterisk inclui um sistema de correio de voz totalmente funcional, suportando contextos de correio de voz, de forma que múltiplas empresas possam utilizar o mesmo servidor e ainda diferentes fusos horários, para que os usuários monitorem quando suas chamadas foram recebidas. É possível também notificar o usuário através de mensagens por e-mail, permitindo inclusive que o áudio da mensagem seja anexado a mensagem.

#### **6.5.9 Discador Automático**

Essa funcionalidade é muito útil em telemarketing, pois é possível se programar o sistema para discar automaticamente e distribuir as ligações em uma fila. Normalmente essa tecnologia é vendida separadamente em outros PABX.

#### **6.5.10 Sala de Conferência**

Permite que vários usuários falem em conjunto. É implementado como sala de conferência, onde um usuário escolhe um ramal para ser a sala de conferência e todos os demais que discarem para lá estarão imediatamente conectados a sala. Existe opção de senha para não permitir o acesso indevido.

### **6.6 Requisitos de Hardware**

Para Meggelen et al (2005, p. 7), em termos de requisitos de recursos, as necessidades do Asterisk são similares às de uma aplicação de tempo real. Isso se deve, em grande parte, à sua necessidade de acesso prioritário aos barramentos <sup>15</sup>do processador e do sistema. É, portanto, imperativo que quaisquer funções do sistema que não sejam diretamente relacionadas às tarefas de processamento de chamadas do Asterisk sejam executadas numa prioridade mais baixa. Em sistemas menores e de teste, isso não é um problema, mas em

---

<sup>15</sup> Conjunto de linhas de comunicação que permitem a interligação entre dispositivos, como o processador, a memória e outros periféricos.

sistemas de grande capacidade, podem ocorrer falhas de desempenho, manifestadas por problemas na qualidade do áudio de para os usuários.

A tabela 6.1 exibe algumas orientações básicas necessárias no momento de se planejar um sistema.

Tabela 6.1 – Orientações sobre requisitos do sistema

Finalidade	Número de canais	Mínimo recomendado
Sistema de teste	Não mais que 5	400 MHz x86, 256 MB de RAM
Sistema SOHO <sup>16</sup>	5 até 10	1 GHz x86, 512 MB de RAM
Pequeno sistema empresarial	Até 15	3 GHz x86, 1 GB de RAM
Médio a grande sistema	Mais de 15	Dupla CPU, possivelmente múltiplos servidores em arquitetura distribuída.

Fonte: (MEGGELEN et al, 2005, p. 7).

A escolha do *hardware* para um sistema Asterisk não é muito complicada. Não é necessária uma placa de vídeo sofisticada ou periféricos, mas uma boa placa de rede é essencial. Portas seriais, paralelas e USB (*Universal Serial Bus*) podem ser completamente desabilitadas. Se forem utilizadas placas da Digium é bom verificar as instruções da placa-mãe para determinar se os *slots* PCI (*Peripheral Component Interconnect* - Interconector de Componentes Periféricos) possuem suporte a elas. Muitas placas-mãe compartilham interrupções em *slots* PCI e conflitos de interrupções são uma fonte potencial de problemas de qualidade de áudio no Asterisk. Uma maneira de liberar interrupções é desabilitar na BIOS (Basic Input/Output System - Sistema Básico de Entrada/Saída) tudo que não for necessário.

## 6.7 Requisitos de Software

O Asterisk foi desenvolvido originalmente para rodar em Linux, embora possa ser usado no BSD e OS X. No entanto, as placas para conexão com a RTPC da Digium foram desenvolvidas para trabalhar com Linux i386.

### 6.7.1 Distribuição Linux

Várias distribuições foram usadas com sucesso como RedHat, Mandrake, Fedora, Debian, Slackware, Gentoo, Suse e CentOS. Neste trabalho será utilizada a distribuição CentOS para a implementação do Asterisk.

<sup>16</sup> Escritório pequeno/escritório doméstico – menos que três linhas e cinco aparelhos.

### 6.7.2 Pacotes Necessários

Não existe um *hardware* especial tal como uma placa de som e o único pacote<sup>17</sup> necessário é o próprio Asterisk. O pacote *zaptel* é necessário somente se for utilizado *hardware* da Digium ou *ztdummy*. Para interfaces T1<sup>18</sup> e E1 o pacote *libpro* é necessário. O pacote *bison* é necessário para compilar o Asterisk. Os pacotes de desenvolvimento *ncurses* e *ncurses-development* são necessários caso se deseje construir novas ferramentas. As bibliotecas *zlib* e *zlib-devel* são necessárias para compilar, isto devido a adição do DUNDi (*Distributed Universal Number Discovery*) *protocol*.

---

<sup>17</sup> Método de distribuição e instalação de *software* em sistemas operacionais baseados em Unix onde estão encapsulados diversos arquivos (bibliotecas, manuais, scripts, executáveis, etc) necessários para utilização de um determinado programa.

<sup>18</sup> Padrão de interconexão de centrais telefônicas nos Estados Unidos que consiste num método de transmissão digital para multiplexar múltiplos canais, de voz ou de dados em um par de fios.

## 7 IMPLEMENTAÇÃO DE CENTRAL TELEFONICA VOIP

Esse trabalho divide o processo de implementação de central telefônica VoIP em um ambiente corporativo nas etapas de *levantamento da estrutura* e *levantamento de necessidades*, abordadas no Trabalho de Conclusão I e *proposta de implementação* e *implementação de um ambiente de testes*, que serão abordadas no Trabalho de Conclusão II.

### 7.1 Levantamento da Estrutura e das Necessidades

Essa etapa consiste no levantamento da estrutura atual da rede de telefonia, incluindo a quantidade de ramais e linhas existentes e demais serviços utilizados, e da rede de comunicação de dados, identificando os circuitos da rede de dados disponíveis.

A empresa analisada possui unidades nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Ceará. Todas as unidades estão interligadas através de circuitos de dados, sendo que a unidade central é a do Rio Grande do Sul, localizada na cidade de Ivoti.

#### 7.1.1 Ivoti – RS

A unidade de Ivoti centraliza a grande maioria dos sistemas de informação utilizados na empresa, localidade esta onde estão hospedados os servidores da rede. A rede de dados opera a uma velocidade de 100Mbps, possuindo um *link* de 1536Kbps com a Embratel, para interligar todas as unidades da empresa, e um *link* de 2Mbps com a BrasilTelecom, para acesso a Internet. A rede também conta com dois *Access Point* (Ponto de Acesso *Wireless*) de 54Mbps cada, cobrindo toda a área administrativa e grande parte da área de desenvolvimento de produto.

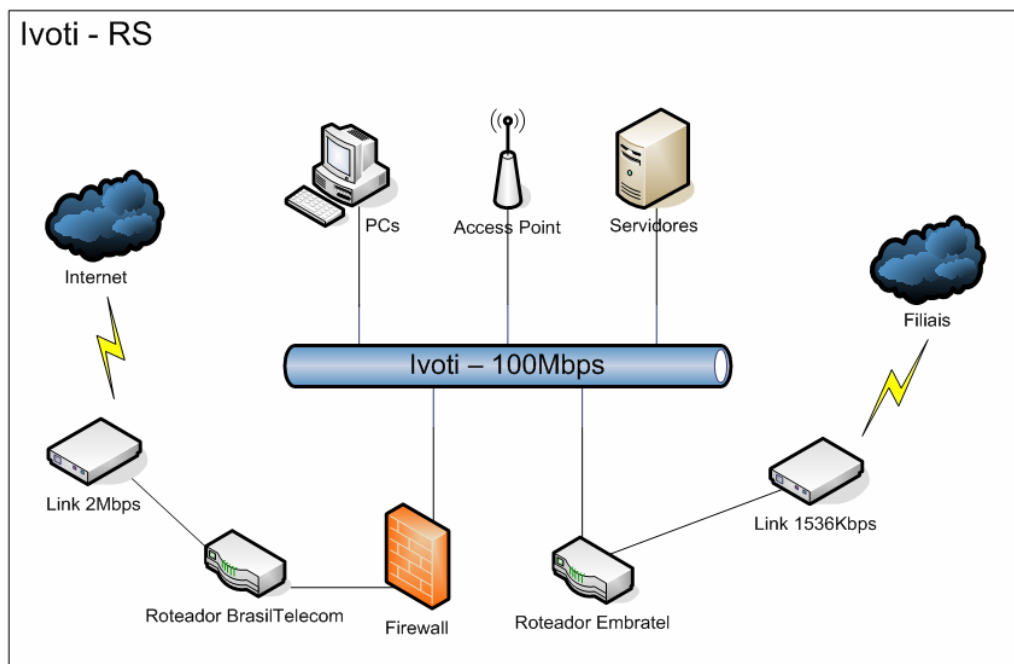


Figura 7.1 – Estrutura básica da rede de dados de Ivoti – RS

A estrutura dessa localidade é ampla e conta com uma central telefônica Siemens HiPath 3750. Esse equipamento é locado, sendo a mantenedora do PABX a própria fabricante, ou seja, a Siemens.

O PABX atualmente possui fisicamente:

- 10 placas de 24 ramais analógicos cada.
- 2 placas de 16 ramais analógicos cada.
- 1 placa de 8 ramais analógicos.
- 1 placa de 8 ramais digitais.
- 1 placa de 16 ramais sem-fio (*Cordless*) – cobrindo toda a área construída da empresa.
- 2 placas de 8 troncos analógicos cada.
- 2 placas E1.
- 1 placa de 8 canais para serviços como correio de voz, auto-atendimento e fax por e-mail.

- 4 mesas de atendimento (telefonista).

As características suportadas e utilizadas pela empresa atualmente são:

- Agenda telefônica.
- Auto-atendedor.
- Aviso de chamada em espera.
- Bloqueio/desbloqueio de ramal por senha.
- Captura de chamadas.
- Chamada direta (DDR – Discagem Direta a Ramal).
- Desvio de chamadas.
- Conferência.
- Identificador de chamadas (os ramaís analógicos não suportam essa característica).
- Intercalação de chamadas (para atendimento de mais de uma chamada).
- Fax por e-mail.
- Grupos de atendimento.
- Lista telefônica central.
- Música em espera.
- Rechamada interna automática, caso um ramal esteja ocupado.
- Serviço noturno/diurno.
- Suporte ao idioma português.
- Tarificação de ligações.

- Transferência de chamadas.

Estão em uso no PABX aproximadamente 190 ramais, com a numeração podendo ir do 8200 até o 8499. Para conexão com a RTPC o equipamento possui 30 linhas com a BrasilTelecom, com 200 números para DDR, com a numeração indo do (51) 3563-8200 ao (51) 3563-8399, 14 linhas com a Embratel, com 50 números para DDR, com a numeração indo do (51) 2123-8200 ao (51) 2123-8249, outras quatro linhas ligadas a celulares da Vivo e uma ligada a um celular da TIM. Quatro linhas são utilizadas para a realização de chamadas ramal-a-ramal para as demais unidades da empresa, estas linhas estão conectadas ao roteador da Embratel.

#### **7.1.1.1 Necessidades**

A estrutura dessa localidade é bastante completa, as únicas necessidades são:

- Permitir maior mobilidade aos executivos, que estão freqüentemente em viagens pelo Brasil e exterior, onde utilizam aparelhos celulares para comunicação, mesmo quando possuem acesso à Internet.
- Possuir maior número de linhas para a realização de ligações com as demais unidades da empresa.
- Reduzir os custos de telefonia, principalmente com ligações DDD e DDI.

#### **7.1.2 São Paulo – SP**

A rede de dados de São Paulo opera a uma velocidade de 100Mbps, possuindo dois *Access Point* de 54Mbps cada, cobrindo toda a área dessa localidade. Essa unidade está conectada a Ivoti por um *link* da Embratel de 384Kbps e também possui um *link* da BrasilTelecom de 1Mbps, utilizado para conexão com à Internet.

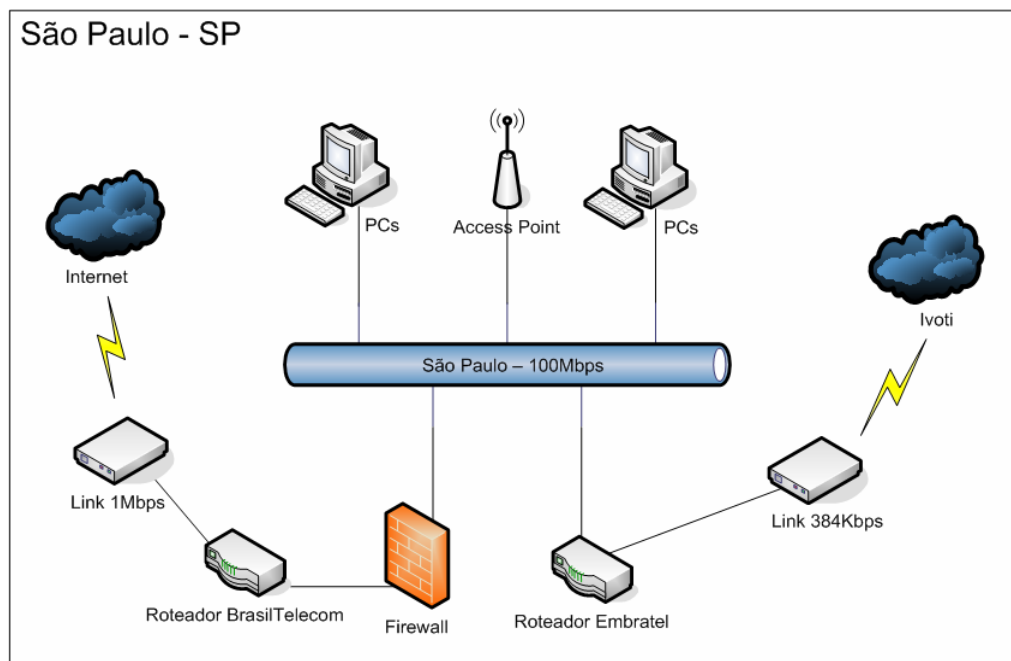


Figura 7.2 - Estrutura básica da rede de dados de São Paulo – SP

A estrutura dessa localidade conta com uma central telefônica Siemens HiPath 1190. Esse equipamento é próprio, sendo a mantenedora do PABX uma empresa terceirizada de São Paulo.

O PABX atualmente possui fisicamente:

- 4 placas de 16 ramais analógicos cada.
- 1 placa de 4 ramais digitais.
- 1 placas de 8 troncos analógicos.
- 1 placa E1.
- 1 mesa de atendimento (telefonista).

As características suportadas e utilizadas pela empresa atualmente são:

- Agenda telefônica.
- Auto-atendedor.
- Aviso de chamada em espera.



- Bloqueio/desbloqueio de ramal por senha.
- Captura de chamadas.
- Chamada direta (DDR).
- Desvio de chamadas.
- Conferência.
- Identificador de chamadas (os ramais analógicos não suportam essa característica).
- Intercalação de chamadas (para atendimento de mais de uma chamada).
- Grupos de atendimento.
- Lista telefônica central.
- Música em espera.
- Rechamada interna automática caso um ramal esteja ocupado.
- Serviço noturno/diurno.
- Suporte ao idioma português.
- Transferência de chamadas.

Estão em uso no PABX aproximadamente 60 ramais, com a numeração podendo ir do 1660 até 1805. Para conexão com a RTPC o equipamento possui 15 linhas com a Telefonica, com 40 números para DDR, com a numeração indo do (11) 3818-1660 ao (11) 3818-1699. Quatro linhas (trancos) estão conectadas a celulares da TIM. Uma linha é utilizada para a realização de chamadas ramal-a-ramal para as demais unidades da empresa, esta linha esta conectada ao roteador da Embratel.

#### **7.1.2.1 Necessidades**

A estrutura dessa localidade é bastante completa, as únicas necessidades são:

- Permitir maior mobilidade aos executivos, que estão freqüentemente em viagens pelo Brasil e exterior, onde utilizam aparelhos celulares comunicação, mesmo quando possuem acesso à Internet.
- Possuir maior número de linhas para a realização de ligações com as demais unidades da empresa.
- Reduzir os custos de telefonia, principalmente com ligações DDD e DDI. Por concentrar toda a área comercial da empresa, essa localidade possui a necessidade de manter contato constante com representantes comerciais e clientes, o que gera um grande volume de ligações e um alto custo financeiro.

### 7.1.3 Santo Estevão - BA

A rede de dados de Santo Estevão opera a uma velocidade de 100Mbps, possuindo um *Access Point* de 54Mbps, cobrindo toda a área administrativa dessa localidade. Essa unidade está conectada a Ivoti por um *link* da Embratel de 384Kbps.

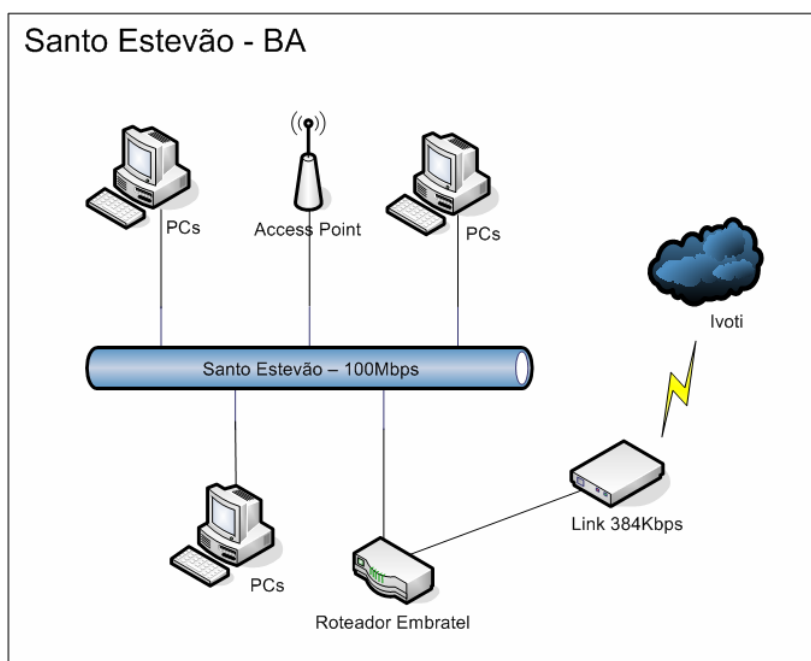


Figura 7.3 - Estrutura básica da rede de dados de Santo Estevão – BA

A estrutura dessa localidade conta com uma central telefônica Siemens HiPath 3550. Esse equipamento é locado, sendo a mantenedora do PABX a própria fabricante, ou seja, a Siemens.

O PABX atualmente possui fisicamente:

- 4 placas de 16 ramais analógicos cada.
- 1 placa de 4 ramais digitais.
- 1 placa de 20 ramais sem-fio (*Cordless*) - cobrindo toda área construída da empresa.
- 1 placa de 8 troncos analógicos.
- 1 mesa de atendimento (telefonista).

As características suportadas e utilizadas pela empresa atualmente são:

- Agenda telefônica.
- Aviso de chamada em espera.
- Bloqueio/desbloqueio de ramal por senha.
- Captura de chamadas.
- Desvio de chamadas.
- Conferência.
- Identificador de chamadas (os ramais analógicos não suportam essa característica).
- Intercalação de chamadas (para atendimento de mais de uma chamada).
- Grupos de atendimento.
- Lista telefônica central.
- Rechamada interna automática caso um ramal esteja ocupado.
- Serviço noturno/diurno.
- Suporte ao idioma português.

- Tarifação de ligações.
- Transferência de chamadas.

Estão em uso no PABX 80 ramais, com a numeração podendo ir do 1200 até o 1299. Para conexão com a RTPC o equipamento possui 6 linhas (trancos) com a Telemar. Uma linha é utilizada para a realização de chamadas ramal-a-ramal para as demais unidades da empresa, estas linhas estão conectadas ao roteador da Embratel.

#### **7.1.3.1 Necessidades**

A estrutura dessa localidade é bastante simples, e as necessidades existentes são:

- Possuir um sistema de auto-atendimento, reduzindo o volume de ligações atendidas pela telefonista.
- Possuir música em espera.
- Possuir maior número de linhas para a realização de ligações com as demais unidades da empresa.
- Reduzir os custos de telefonia, principalmente com ligações DDD e DDI.
- Ampliação do número de ramais.
- Existe uma limitação quanto aos ramais sem-fio. O sistema foi licenciado de forma a suportar apenas duas chamadas simultâneas por antena. No caso existem quatro antenas espalhadas pela localidade, dando cobertura total a área construída, porém existe certa concentração desses ramais na área administrativa, limitados ao uso de dois aparelhos simultaneamente.
- A empresa conta com apenas seis linhas para efetuar e receber ligações da RTPC, o que em determinados momentos ocasiona um congestionamento de ligações.

#### **7.1.4 Vitória da Conquista - BA**

A rede de dados de Vitória da Conquista opera a uma velocidade de 100Mbps. Essa unidade está conectada a Ivoti por um *link* da Embratel de 384Kbps.

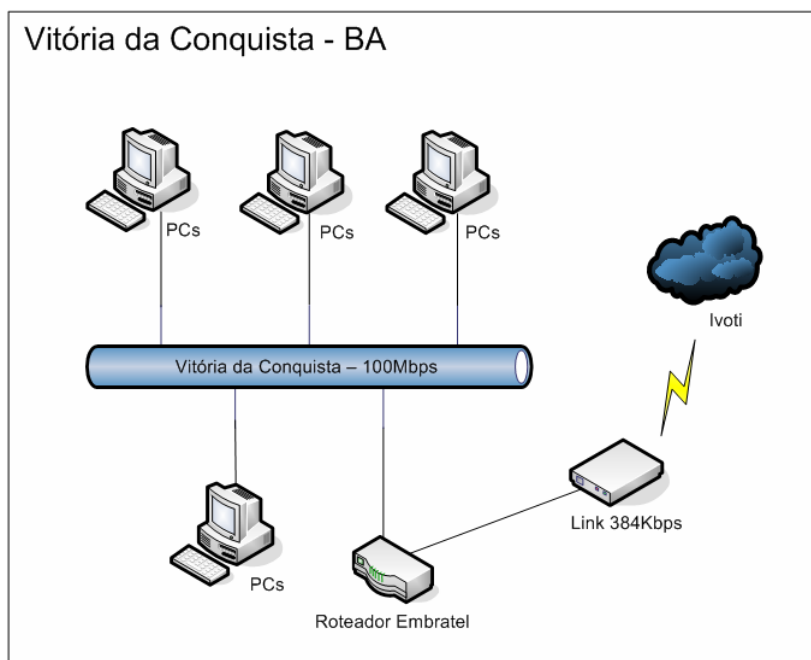


Figura 7.4 - Estrutura básica da rede de dados de Vitória da Conquista – BA

A estrutura dessa localidade conta com uma central telefônica Siemens HiPath 3550. Esse equipamento é locado, sendo a mantenedora do PABX a própria fabricante, ou seja, a Siemens.

O PABX atualmente possui fisicamente:

- 3 placas de 16 ramais analógicos cada.
- 1 placa de 4 ramais digitais.
- 1 placa de 8 troncos analógicos.
- 1 mesa de atendimento (telefonista).

As características suportadas e utilizadas pela empresa atualmente são:

- Agenda telefônica.
- Aviso de chamada em espera.
- Bloqueio/desbloqueio de ramal por senha.

- Captura de chamadas.
- Desvio de chamadas.
- Conferência.
- Identificador de chamadas (os ramais analógicos não suportam essa característica).
- Intercalação de chamadas (para atendimento de mais de uma chamada).
- Grupos de atendimento.
- Lista telefônica central.
- Rechamada interna automática caso um ramal esteja ocupado.
- Serviço noturno/diurno.
- Suporte ao idioma português.
- Tarificação de ligações.
- Transferência de chamadas.

Estão em uso no PABX 52 ramais, com a numeração podendo ir do 7200 até o 7299. Para conexão com a RTPC o equipamento possui 5 linhas (trancos) com a Telemar. Uma linha é utilizada para a realização de chamadas ramal-a-ramal para as demais unidades da empresa, estas linhas estão conectadas ao roteador da Embratel.

#### **7.1.4.1 Necessidades**

A estrutura dessa localidade é bastante simples, e as necessidades existentes são:

- Possuir um sistema de auto-atendimento, reduzindo o volume de ligações atendidas pela telefonista.
- Possuir música em espera.

- Possuir maior número de linhas para a realização de ligações com as demais unidades da empresa.
- Reduzir os custos de telefonia, principalmente com ligações DDD e DDI.
- Ampliação do número de ramais.
- Possuir um sistema de ramais sem-fio com cobertura total da área da construída da localidade.
- A empresa conta com apenas cinco linhas para efetuar e receber ligações da RTPC, o que em determinados momentos ocasiona um congestionamento de ligações.

#### 7.1.5 Itapipoca – CE

A rede de dados de Itapipoca opera a uma velocidade de 100Mbps. Essa unidade está conectada a Ivoti por um *link* da Embratel de 384Kbps.

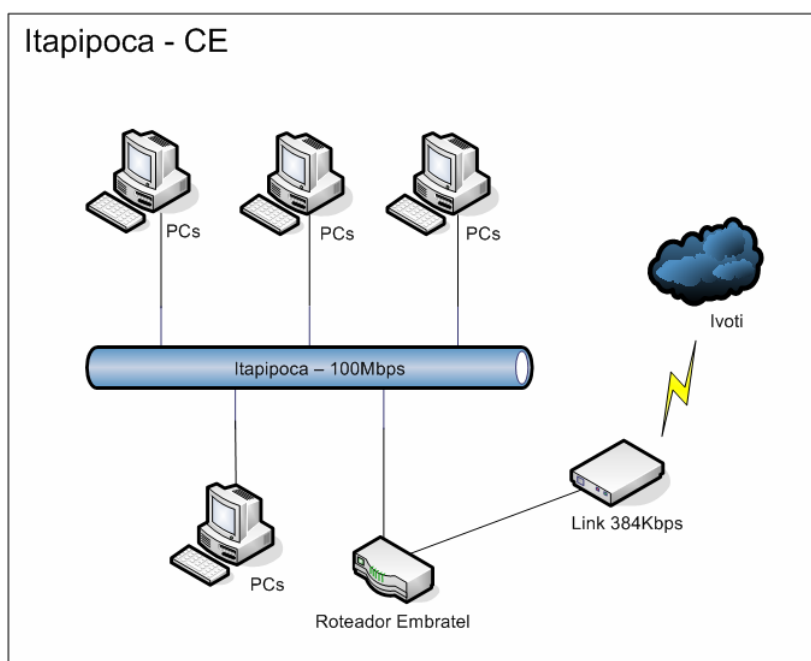


Figura 7.5 – Estrutura básica da rede de dados de Itapipoca – CE

A estrutura dessa localidade conta com uma central telefônica Siemens HiPath 3550. Esse equipamento é locado, sendo a mantenedora do PABX a própria fabricante, ou seja, a Siemens.

O PABX atualmente possui fisicamente:

- 1 placa de 16 ramais analógicos.
- 1 placa de 8 ramais analógicos.
- 1 placa de 4 ramais analógicos.
- 1 placa de 4 ramais digitais.
- 1 placa de 8 troncos analógicos.
- 1 mesa de atendimento (telefonista).

As características suportadas e utilizadas pela empresa atualmente são:

- Agenda telefônica.
- Aviso de chamada em espera.
- Bloqueio/desbloqueio de ramal por senha.
- Captura de chamadas.
- Desvio de chamadas.
- Conferência.
- Identificador de chamadas (os ramais analógicos não suportam essa característica).
- Intercalação de chamadas (para atendimento de mais de uma chamada).
- Grupos de atendimento.
- Lista telefônica central.
- Rechamada interna automática caso um ramal esteja ocupado.
- Serviço noturno/diurno.



- Suporte ao idioma português.
- Tarificação de ligações.
- Transferência de chamadas.

Estão em uso no PABX 32 ramais, com a numeração podendo ir do 2200 até o 2299. Para conexão com a RTPC o equipamento possui 5 linhas (trancos) com a Telemar. Uma linha é utilizada para a realização de chamadas ramal-a-ramal para as demais unidades da empresa, estas linhas estão conectadas ao roteador da Embratel.

#### **7.1.5.1 Necessidades**

A estrutura dessa localidade é bastante simples, e as necessidades existentes são:

- Possuir um sistema de auto-atendimento, reduzindo o volume de ligações atendidas pela telefonista.
- Possuir música em espera.
- Possuir maior número de linhas para a realização de ligações com as demais unidades da empresa.
- Reduzir os custos de telefonia, principalmente com ligações DDD e DDI.
- Ampliação do número de ramais.
- Possuir um sistema de ramais sem-fio com cobertura total da área da construída da localidade.
- A empresa conta com apenas cinco linhas para efetuar e receber ligações da RTPC, o que em determinados momentos ocasiona um congestionamento de ligações.

## **7.2 Proposta de Implementação**

Essa etapa visa sugerir uma forma para se implantar a tecnologia VoIP através da implementação de central telefônica VoIP na estrutura levantada, utilizando, dentro do possível, os recursos já existentes, permitindo dessa forma agregar os benefícios oferecidos

pela tecnologia VoIP com o menor nível possível de investimentos na aquisição de produtos e serviços. Essa etapa será abordada no Trabalho de Conclusão II.

### 7.3 Implementação de um ambiente de testes

Essa etapa propõe a implementação de um ambiente de testes que permita simular a interligação de pelo menos duas unidades geograficamente distantes com a utilização de central telefônica VoIP, incluindo as funcionalidades que cada unidade deverá possuir. Alguns testes, entre outros, que serão realizados dependendo das funcionalidades implementadas em cada unidade simulada são:

- a. Testar o estabelecimento de chamadas e a qualidade de voz em: *Chamadas realizadas dentro de cada unidade* - 50 chamadas com aproximadamente 2 minutos de duração cada. *Chamadas realizadas entre as unidades* - 25 chamadas originadas de cada localidade para a outra com aproximadamente 2 minutos de duração cada. *Chamadas realizadas e recebidas através da rede pública de telefonia* (se existir) – 20 chamadas realizadas e 20 chamadas recebidas com aproximadamente 2 minutos de duração cada. *Chamadas realizadas e recebidas através da central convencional* (se existir) – 20 chamadas realizadas e 20 chamadas recebidas com aproximadamente 2 minutos de duração cada. *Chamadas realizadas da central VoIP utilizando prestadora de telefonia VoIP externa* – 25 chamadas com aproximadamente 2 minutos de duração cada.
- b. Testar funcionalidades como: *Música em espera* (se necessário) – verificar em 10 tentativas se as chamadas ficam na espera. *Correio de voz* (se necessário) – verificar em 10 tentativas se as chamadas são encaminhadas e armazenadas corretamente no serviço de correio de voz; *Auto-atendimento* (se necessário) – verificar em 10 chamadas se as ligações são atendidas corretamente e encaminhadas para o destino selecionado.

Caso seja encontrado um problema, sendo ele solucionado ou não, será descrito no trabalho as suas causas e as medidas que foram devidamente adotadas na busca da sua solução. Essa etapa será desenvolvida no Trabalho de Conclusão II.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de Voz sobre IP está começando a ir muito além do que o seu simples uso para realização de ligações telefônicas. A introdução de novos recursos culminou com o desenvolvimento da telefonia IP. Diversas soluções já foram desenvolvidas para permitir a sua utilização, algumas utilizando *hardware* e *software* proprietários e outras utilizando *software* livre e *hardware* de baixo custo.

A utilização do *software* livre Asterisk permite às empresas a introdução da tecnologia VoIP e de outros recursos, como por exemplo, correio de voz, música em espera e URA, abrindo, desta forma, um leque de benefícios que podem ser implementados através da utilização deste PABX IP livre.

A partir do desenvolvimento do Trabalho de Conclusão II, onde será abordada a implementação da central telefônica VoIP Asterisk em um ambiente corporativo, poderá se verificar, através de testes, o funcionamento dos principais recursos disponibilizados por essa central telefônica VoIP de baixo custo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Carlos Alberto de Souza. **VoIP – Voz Sobre IP**. Uberlândia. Disponível em <<http://www.si.uniminas.br/TFC/monografias/Monografia%20VoIP%20JULHO%202004.pdf>>. Acesso em: 12 mai 2007.

BRITO, José Marcos Câmara. **Voz Sobre IP: Tecnologias e Aplicações**. Disponível em: <[http://professores.unisanta.br/santana/downloads%5CTelematica%5CCom\\_Dados\\_2%5CVoz\\_sobre\\_IP.pdf](http://professores.unisanta.br/santana/downloads%5CTelematica%5CCom_Dados_2%5CVoz_sobre_IP.pdf)>. Acesso em: 20 mai 2007.

BUONACORSO, Gustavo L. **VoIP é sinônimo de economia nas empresas**. Disponível em: <<http://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?from%5Finfo%5Findex=//1&infoid=4017&sid=26>>. Acesso em: 17 mar 2007.

CHOWDHURY, Dhiman D. **Projetos Avançados de Redes IP: Roteamento, Qualidade de Serviço e Voz sobre IP**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. 380p.

COLCHER, Sérgio et al. **VoIP: Voz sobre IP**. Rio de Janeiro: Campus, 2005. 288 p.

DAVID, Fabio. **Ferramentas de Monitoração Ativa e Passiva para Avaliação da Qualidade de Redes VoIP**. Disponível em: <<http://www.voip.nce.ufrj.br/publication/2004/tese-fabio.pdf>>. Acesso em: 20 mai 2007.

DIGIUM. **Asterisk Architecture Overview**. Disponível em: <[http://www.asteriskvoipnews.com/asterisk\\_development/asterisk\\_architecture\\_overview.html](http://www.asteriskvoipnews.com/asterisk_development/asterisk_architecture_overview.html)>. Acesso em: 04 jun 2007.

FERRARI, Antonio Martins. **Telecomunicações: Evolução & Revolução**. 9ª ed. São Paulo: Érica, 2005. 324 p.

FRIEDMAN, T.; CACERES, R.; CLARK, A. **RTP Control Protocol Extended Reports (RTCP XR)**. RFC 3611, novembro de 2003.

GOMILLION, David; DEMPSTER, Barrie. **Construindo Sistemas de Telefonia com o Asterisk**. Birmingham: Packt Publishing, 2005. 175 p.

GOOGLE. **Google Images**. Disponível em: <http://images.google.com.br>. Acesso em: 12 mai 2007.

GREENE, Tim. **Grandes empresas lideram o uso de VoIP. IDG Now!**. Disponível em: <[http://idgnow.uol.com.br/telecom/2006/05/18/idgnoticia.2006-05-18.0065292415/IDGNoticia\\_view](http://idgnow.uol.com.br/telecom/2006/05/18/idgnoticia.2006-05-18.0065292415/IDGNoticia_view)>. Acesso em: 17 mar 2007.

HERSENT, Oliver et al. **Telefonia IP: Comunicação multimídia baseada em pacotes**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 451 p.

INFOCORPORATE. **Dossiê: Telefonia IP - Diga adeus ao PABX**. Nº 39. São Paulo: Abril, 2006.

MEGGELEN, Jim Van et al. **Asterisk: O Futuro da Telefonia**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2005. 312p.

PINHEIRO, José Mauricio Santos. **Centrais Privadas de Telefonia**. Disponível em: <[http://www.metrored.com.br/artigos/artigo\\_centrais\\_privadas\\_de\\_telefonia.php](http://www.metrored.com.br/artigos/artigo_centrais_privadas_de_telefonia.php)>. Acesso em: 06 mai 2007.

PRODANOV, Cleber C. **Manual de Metodologia Científica**. Novo Hamburgo: Feevale, 2006. 77p.

REICHERT, Romeu Hugo. **Transmissão de voz sobre redes de pacotes: Estudo de caso com H.323**. Novo Hamburgo. 2004. Monografia. Centro Universitário Feevale.

SANTOS, Ana Paula Silva dos. **Qualidade de Serviço na Internet**. Disponível em: <<http://www.rnp.br/newsgen/9911/qos.html>>. Acesso em: 31 mai 2007.

SILVEIRA, André P. **Análise de Implantação de Voip em uma rede Wireless**. Novo Hamburgo. 2006. Monografia. Centro Universitário Feevale.

SKYPE. Disponível em: <<http://www.skype.com/intl/pt/download/screenshots.html>>. Acesso em: 12 mai 2007.

TELECO. **Conceitos de VOIP/Telefonia IP e Regulamentação aplicável**. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/voip.asp>>. Acesso em: 12 mai 2007.

US PHONE BRASIL. **Breve história do VoIP**. Disponível em: <<http://www.usphone.us/Portugese/>>. Acesso em: 12 mai 2007.

VOLTAN J., GUILHERME. **Voz sobre IP: Segurança de Transmissões**. Disponível em: <[http://www.guilherme.osforadehora.com.br/arquivos/Monografia\\_guilherme\\_voip.pdf](http://www.guilherme.osforadehora.com.br/arquivos/Monografia_guilherme_voip.pdf)>. Acesso em: 20 mai 2007.